

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

«_____» _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050502 - Інженерна механіка

на тему: Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора

Виконала студентка IV курсу, групи ЛП-51(2)
(шифр групи)

Омельчук Ірина Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)(підпис)

Керівник доц.Шилович Ігор Леонідович
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)(підпис)

Консультанти з розділів:

ОХОРОНА ПРАЦІ доц. Ковтун І.М.

МОДЕРНІЗАЦІЯ д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ст.викл. Борщик С.О.

РЕЦЕНЗЕНТ _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра _____ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування _____

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність __6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

«_____» _____ 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ Омельчук Ірина Володимирівна _____

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора _____

керівник проекту доц. Шилович Ігор Леонідович _____

затверджена наказом по університету від « _____ » _____ 201 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту « _____ » _____ 201 р. _____

3. Вихідні дані до проекту: Об'єкт розробки – живильник віброшнековий; Продуктивність живильника $P=16 \text{ м}^3/\text{год}$; довжина вібратора $l=1 \text{ м}$; частота обертання валу $n=4 \text{ об/с}$; матеріал, що транспортується – кварцовий пісок

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Призначення і галузь застосування живильника віброшнекового. 2 Технічні характеристики живильника віброшнекового. 3 Опис конструкції та призначення живильника віброшнекового. 4 Патентно-літературний огляд з метою удосконалення технічних характеристик живильника віброшнекового. 5 Обґрунтування вибору модернізації. 6 Охорона праці. 7 Очікувані механіко-економічні показники. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТБ та ОП	доц. Ковтун І.М.		
Модернізація	д.т.н., проф.. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	ст.викл. Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання:

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Отримання завдання для дипломного проекту.		
2.	Проходження переддипломної практики.		
3.	Здійснення пошуку патентів. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.		
4.	Обґрунтування модернізації.		
5.	Підготовка розділу «Пояснювальна записка»		
6.	Виконання розрахунків.		
7.	Підготовка розділу «Розрахунки»		
8.	Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла»		
9.	Робота над кресленнями в CAD-системах .		
10.	Захист дипломного проекту		

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Зміст дипломного проекту

Реферат (укр)	1
Реферат (англ).....	1
Реферат (рос).....	1
Перелік позначень	1
Пояснювальна записка.....	29
Розрахунки	13
Технологія машинобудування	16
Загальні висновки.....	1
Перелік посилань.....	2
Додатки.....	12

Реферат

Баклаврський дипломний проект на тему «Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора».

Пояснювальна записка до дипломного проекту в повному обсязі займає 81 сторінку та містить 17 рисунків і 3 таблиці.

Принцип дії живильника віброшнекового, досліджено на прикладі технологічної лінії виготовлення склотари. Мета роботи: підвищення продуктивності живильника за рахунок модернізації вібратора. Виконано літературно-патентний огляд, визначено недоліки та запропоновано корисну модель дебалансного вібратора, про що подана заявка №201905639. Виконано параметричні та кінематичні, міцнісні розрахунки та підтверджено працездатність конструкції за допомогою моделювання в системі ANSYS та мовою програмування Fortran, що підтверджує доцільність та ефективність даної модернізації.

Розроблено систему заходів, що забезпечують відповідні вимогам умови праці. У розділі «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення дебалансного валу.

Ключові слова: ЖИВИЛЬНИК ВІБРОШНЕКОВИЙ, СКЛОТАРА, ДЕБАЛАНСНИЙ ВІБРАТОР, ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ, ВЛАСНІ КОЛИВАННЯ, ДЕБАЛАНСНИЙ ВАЛ, НЕРУХОМИЙ ЛЮНЕТ.

Abstract

The baccalaureate diploma project on the topic: "Vibrating screw feeder with modernization of the vibrator".

The total volume of the explanatory note to the bachelor's project is 81 pages and contains 17 drawings and 3 tables.

The principle of operation of the vibrating screw feeder are investigated on the example of the technological line of production of a glassware. Work purpose: increase in capacity of the feeder due to modernization of the vibrator. The patent literary review is executed, shortcomings are defined and the useful model of the unbalanced mass vibration generator is offered about what application №201905639 is submitted. Parametric and kinematic, strength calculations are executed and it is confirmed operability of a design by means of modeling in the ANSYS system and the Fortran programming language that confirms expediency and efficiency of this modernization.

The system of the actions providing the working conditions conforming to requirements is developed. In the section "Technology of Mechanical Engineering" technological process of production of an unbalance shaft is developed.

Keywords: VIBROSCREW FEEDER, THE GLASSWARE, UNBALANCED MASS VIBRATION GENERATOR, FORCED FLUCTUATIONS, OWN FLUCTUATIONS, UNBALANCED MASS SHAFT, MOTIONLESS LUNETTE.

Реферат

Бакалаврский дипломный проект на тему: «Питатель виброшнековый с модернизацией вибратора».

Пояснительная записка к дипломному проекту в полном объеме занимает 81 страницу и содержит 17 рисунков и 3 таблицы.

Принцип действия питателя виброшнекового, исследованы на примере технологической линии изготовления стеклотары. Цель работы: повышение производительности питателя за счет модернизации вибратора. Выполнен литературно-патентный обзор, определены недостатки и предложена полезная модель дебалансного вибратора, о чем подана заявка №201905639. Выполнены параметрические и кинематические, прочностные расчеты и подтверждено работоспособность конструкции с помощью моделирования в системе ANSYS и языком программирования Fortran, что подтверждает целесообразность и эффективность данной модернизации.

Разработана система мероприятий, обеспечивающих соответствующие требованиям условия труда. В разделе «Технология машиностроения» разработан технологический процесс изготовления дебалансного вала.

Ключевые слова: ПИТАТЕЛЬ ВИБРОШНЕКОВИЙ, СТЕКЛОТАРА, ДЕБАЛАНСНИЙ ВИБРАТОР, ВИНУЖДЕННІЕ КОЛЕБАНИЯ, СОБСТВЕННІЕ КОЛЕБАНИЯ, ДЕБАЛАНСНИЙ ВАЛ, НЕПОДВИЖНИЙ ЛЮНЕТ.

Перелік позначень

Умовні позначення:

A – амплітуда коливань, м;

d – діаметр, м;

e - ексцентриситет

F – вимушена сила, Н;

I – відцентрова сила, Н;

i – кількість дебалансів

L – довжина, м;

M_3 – маса живильника віброшнекового, кг;

M_i – момент інерції, Н·м;

M_o – загальна маса обертових тіл, кг;

N_o – потужність двигуна, Вт;

n – частота обертання, об/с;

n_x – коефіцієнт в'язкого опору

U – напруга, В;

W_o – момент опору перерізу, Н·м

Π – продуктивність, м³/год.

η_y – ККД двигуна;

$\rho_{\text{нас}}$ – насипна густина матеріалу, кг/м³;

$[\sigma]$ – допустиме навантаження для сталі, Па;

ω – кутова частота обертання, 1/с;

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 Призначення і галузь застосування живильника віброшнекового	3
1.1 Призначення живильника віброшнекового	3
1.2 Застосування живильника віброшнекового у технологічній лінії виготовлення скляної тари	3
2 Технічні характеристики живильника віброшнекового.....	6
3 Опис конструкції та принцип дії живильника віброшнекового.....	7
4 Патентно-літературний огляд з метою удосконалення технічних характеристик живильника віброшнекового.....	10
5 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення вібратора.....	20
6 Охорона праці	21
7 Очікувані механіко-економічні показники.....	27
Висновки	28

					<i>ЛП51(2).032186.01-90ПЗ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Поліс</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Омельчук І</i>			<i>Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора</i>	<i>Літ</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Шилович І.І.</i>					<i>1</i>	
<i>Н. Контр.</i>						<i>КПІ імені Ізгоря Сікорського</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Гондляр О.В.</i>						

Вступ

Технологічний прогрес є основою будь-якого виробництва. Автоматизація промислових процесів дозволяє зменшити час, що витрачається на виконання того чи іншого процесу, а це в свою чергу дозволяє підвищити продуктивність обладнання. У процесах подрібнення, розділення, очищення, змішування, дозування, транспортування людську працю замінили дробарки, млини, фільтри, центрифуги, грохоти, конвеєри й інші машини та апарати.

Для транспортування сипких, пиловидних, абразивних матеріалів у хімічній, гірничій, харчовій, скловарній промисловості може застосовуватися віброшнековий живильник.

					<i>ЛП51(2).032186.01-90ПЗ</i>	Арк
						2
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення і галузь застосування живильника віброшнекового

1.1 Призначення живильника віброшнекового

Живильник віброшнековий відноситься до обладнання, що призначене для транспортування, рівномірної та регульованої подачі матеріалу в горизонтальному чи похилому напрямку, наприклад, вивантаження матеріалу з бункерів для подальшої переробки, транспортування проміжного продукту між процесами на виробництві.

Живильники віброшнекові є широко розповсюдженими в багатьох галузях промисловості завдяки простій конструкції, компактності та економічності. Їх використовують для транспортування порошкоподібних та здатних до швидкого злежування матеріалів. Цьому сприяють герметичність конструкції та дебалансний вібратор, який встановлений у бункері.

1.2 Застосування живильника віброшнекового у технологічній лінії виготовлення скляної тари

Однією з галузей використання живильника віброшнекового є скловарна промисловість. Розглянуто технологічну лінію виготовлення склотари [1].

Сировину на завод доставляють залізницею. Сировина для виробництва склотари умовно поділяється на основні та допоміжні матеріали. Основа скла - це кварцовий пісок (кремнезем SiO_2), який складає 60 – 80% шихти. Решта – у різному співвідношенні сульфат натрію, барит, поташ, свинцевий сурик, вапняк, бура тощо. Кислотним компонентом у склі є борний ангідрид. Окис калію (поташ) підвищує прозорість і надає блиску поверхні. Оксид кальцію (вапняк) забезпечує хімічну стійкість скла. Як допоміжні сировинні матеріали до шихти додають барвники, окислювачі, знебарвлювачі, відновлювачі, глушники та освітлювачі.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						3
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріали зі складу надходять в складальний цех, де їх подрібнюють, сушать, розмелюють та просіюють. Підготовлену сировину в необхідному співвідношенні з бункерів 1 вивантажують за допомогою віброшнекових живильників 2 на стрічковий транспортер 3, яким шихту подають в змішувач 4. У змішувачі 4 шихту змішують з очищеним і подрібненим до кусків величиною 2-5 см боєм.

Отриману шихту подають вібротокмом 5 до скловарної печі 6.

Варіння скла є багатостадійним процесом перетворення шихти в рідку скломасу. Шихта плавиться за допомогою розплаву скла знизу, а зверху - полум'ям. Умовно процес скловаріння поділяють на п'ять стадій залежно від фізико-хімічних процесів, які проходять у скловарній печі.

Перша стадія – силікатостворення. Під дією температури поверхня шихти спікається, а потім на ній з'являється тонкий шар розплаву, який стікає, звільнюючи нову поверхню шихти. В результаті шихта перетворюється на неоднорідний пінистий непрозорий сплав з шихтою яка не вступила в реакцію. Цей процес закінчується при $t=900-1150^{\circ}\text{C}$.

Друга стадія – склоутворення. Під кінець цієї стадії скломаса стає прозорішою, але все ще містить велику кількість бульбашок і залишається хімічно неоднорідною. Температура склоутворення $t=1150-1250^{\circ}\text{C}$.

Третя – освітлення, коли скломаса позбувається від видимих бульбашок. Стадія завершується при $t=1450-1550^{\circ}\text{C}$.

Четвертий етап – гомогенізація. Склomasу тривалий час витримують при температурах процесу освітлення для повного вирівнювання розплаву за складом і властивостями.

Під час п'ятої стадії масу охолоджують до $200-300^{\circ}\text{C}$ щоб отримати необхідну в'язкість для формування виробів.

У живильнику 7, внутрішня поверхня якого є вогнестійкою, маса проходить п'яту стадію охолодження. У носовій частині живильника знаходиться дозатор 8. Це круглий отвір, через який витікає розплавлена маса і

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						4
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ножиці, які розташовані під отвором, які розрізають струмінь скла. Сформована капля з заданою масою потрапляє в чорнову форму склоформуєча машини 9.

Пресуванням формують готовий виріб. Після відкриття форми, виріб хватками переноситься на охолоджувальний столик, потім пересувається на конвеєр і передається в піч відпалу 11. За допомогою установок для нанесення зміцнювальних покриттів 10, на тару перед відпалом і після наносять тонку плівку, що значно підвищує механічну міцність і термічну стійкість. Вироби після відпалу проходять контроль на відповідність ДСТУ і технічним умовам на автоматі контролю виробів 12. При контролі перевіряють якість скла, наявність дефектів, точність формування горла для герметичного закупорювання, відносять сколи, гострі шви, тріщини, бульбашки на поверхні, складки та зморшки, слід від ножиць, відхилення товщини поверхні від заданої та ін..

Відсортована і придатна для використання тара поступає на склад готової продукції 14, або одразу до споживача запакованою у блоки на установці для пакування виробів 13.

Технологічна схема виробництва склотари представлена на кресленні ЛП51(2).032185.003-90ТС, де:

1 – бункер для сировини, 2– живильник віброшнековий, 3 - конвеєр, 4 – змішувач, 5 – вібралоток, 6– скловарна піч, 7 – живильник, 8- дозатор, 9 - склоформуєча машина, 10 – пристрій для нанесення зміцнюючих покриттів, 11 – відпалювальна піч, 12 – автомат контролю виробів, 13 – установка для пакування виробів, 14 – склад готової продукції.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						5
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічні характеристики живильника віброшнекового

В таб.2.1 наведені основні технічні характеристики живильника віброшнекового за [2] та [3].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики живильника віброшнекового

Параметр	Позначення	Значення	Розмірність
Продуктивність	П	16	м ³ /год
Напруга	U	360	В
Габаритні розміри:			
– довжина;	L	2,6	м
– ширина;	S	1	м
– висота.	H	2,2	м
Маса живильника віброшнекового	M	2600	кг
Довжина валу	L	1	м
Діаметр валу	d	0,05	м
Властивості матеріалу валу:			
- густина	ρ	1700	кг/м ³
- допустимі напруження	$[\sigma]$	210	МПа
Частота обертання валу	n	4	об/с
Геометричні параметри дебалансу:			
- довжина	a	0,150	м
- ширина	b	0,06	м
- висота	δ_d	0,045	м
Кількість дебалансів	i	2	од.
Довжина вісі	l	0,110	м

3 Опис конструкції та принцип дії живильника віброшнекового

Принцип дії живильника віброшнекового ґрунтується на одночасному використанні обертового та коливального руху. З бункера 3 матеріал надходить до патрубку, що закріплений на амортизаторах 5. Для того щоб уникнути склепіння і надати більшої плинності матеріалу, у бункері 2 розташований дебалансний вібратор 1, який, створюючи коливання, сприяючи його подачі до шнека 6. Матеріал виходить із живильника через вихідний лоток 7 [2]. Загальний вигляд живильника віброшнекового показаний на рисунку 3.1.

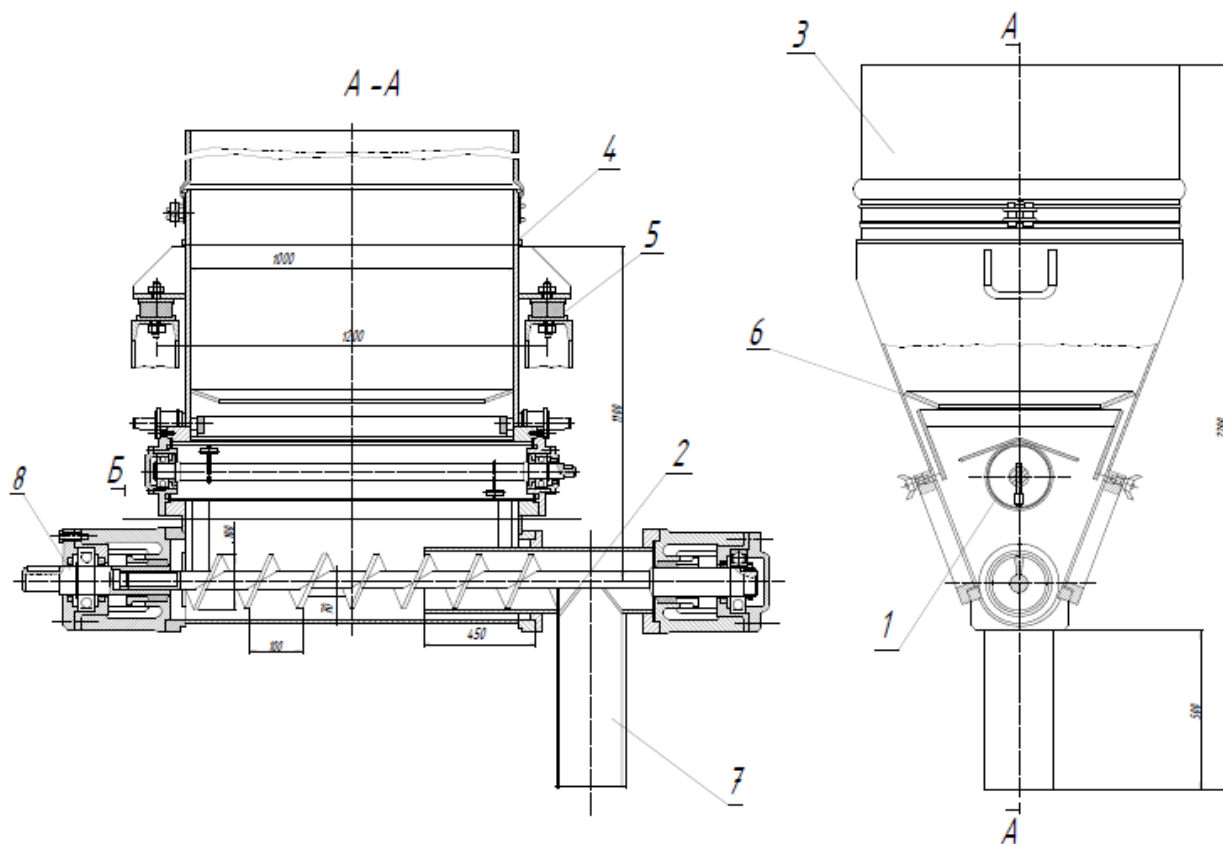


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд віброшнекового живильника

Складовими приводу шнека живильника є електродвигун, одноступінчастий циліндричний редуктор та муфта. На матеріал, що переміщується по жолобу діють поперечні складові сил тиску гвинта на вантаж і сили тертя матеріалу на гвинтову поверхню шнека. Це призводить до зміщення центру мас вантажу вліво, а момент сили, який з'являється відносно центра гвинта не надає матеріалу обертового руху. Завдяки цьому матеріал рухається

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(2).032186.01-90ПЗ

$$A_{PK}$$

7

вздовж осі шнека і видаляється з живильника через розвантажувальний патрубок.

При виборі шнека основним критерієм є властивості продукту, що буде транспортуватися: насипна густина, розмір часток, температура, абразивні властивості, вологість, а також продуктивність.

Привід дебалансного вібратора здійснюється через гнучку муфту. При зарезонансному і дорезонансному режимах роботи вібратора привід долає сили інерції коливальної або відновлює сили пружної систем, в резонансному режимі ці сили врівноважують одна одну.

Дебалансний вібратор за родом робочої сили відноситься до інерційних вібраторів. При обертанні дебалансів створюється постійна по величині відцентрова (збуджуюча) сила, яка неперервно змінює свій напрямок.

Великою перевагою дебалансного вібратора є можливість отримання значних збуджуючих сил при невеликих габаритах і масі, а також різні закони зміни збуджувальної сили простими методами [3].

Живильник віброшнековий забезпечує повну герметизацію жолоба, що дозволяє транспортувати сипкі, сухі, пиловидні; а також забезпечує безперервну та рівномірну подачу матеріалу, легкість в обслуговуванні. Живильники віброшнекові можна використовувати в запиленіх приміщеннях завдяки їх вибухобезпечному виконанню. Проста конструкція дозволяє виготовляти шнеки, які можуть працювати з матеріалами, що мають високі абразивні властивості чи високу температуру на стадії транспортування.

Недоліками живильника віброшнекового є великі питомі втрати енергії від тертя між вантажем, шнеком та жолобом; доволі значне подрібнення вантажу при транспортуванні та стирання гвинта і жолоба. Живильник чутливий до перевантажень, що може призвести до зупинки обладнання.

Забивання матеріалом жолоба усувається встановленням в бункері вібратора та можливості розвантаження залишків матеріалу зі шнекової частини живильника за допомогою реверсивного обертання вала шнеку. Перед розвантажувальним патрубком виконаний вивантажувальний люк. Під час

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи живильника цей люк закритий кришкою, яка знаходиться на одному рівні з внутрішньою поверхнею живильника, яка відкривається. Кришку відкривають, встановивши під нею додаткову ємність, і, включивши зворотний хід шнека, видаляють залишки матеріалу.

Живильник віброшнековий не слід використовувати для транспортування і дозування крихких, кускових та високоабразивних матеріалів, а також матеріалів зі здатністю до злежування та налипання на поверхні гвинта і жолобу.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Патентно-літературний огляд з метою удосконалення технічних характеристик живильника віброшнекового

В роботі [2] наведено опис і принцип роботи віброшнекового живильника. Після дослідження наведеної на рисунку 3.1 конструкції, проведено патентно-літературний пошук для усунення одного з недоліків вібратора живильника. Цим недоліком є низька ефективність роботи вібратора і як наслідок забивання матеріалу між жолобом і шнеком або недосягнення заданої продуктивності. Знайдено декілька варіантів вирішення цієї проблеми, які наведено нижче.

У патенті [8] розглянуто пневматичний вібратор (рисунок 4.1). Винахід відноситься до вібраційної техніки, конкретно до пристроїв для генерування механічних коливань, і може бути використаний в будівельній індустрії, гірничій промисловості та інших галузях.

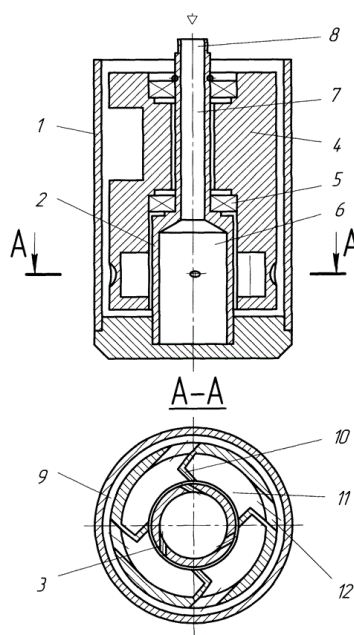


Рисунок 4.1 – Пневматичний вібратор [8]

Вібратор містить корпус 1, в якому закріплена втулка 2, що має тангенціальні сопла 3, і встановлений дебаланс 4 з можливістю обертання на підшипниках 5. Порожнина втулки 2 виконана ступінчастою у вигляді порожнини 6 і каналу 7, що переходить в патрубок 8 подачі енергоносія.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(2).032186.01-90ПЗ

Арк

10

Порожнина 9 корпусу 1, в якій розташовується дебаланс 4, повідомлена з атмосферою.

Поверхня дебаланса 4, взаємодіє з потоками енергоносія з сопел 3, виконана у вигляді кільцевого вінця лопатей 10, які розміщені в кільцевому пазу 11 дебаланса 4. Кільцевий паз 11 з'єднаний з порожниною 9 каналами 12, розташованими тангенціально в периферійній стінці дебаланса 4.

З опису запропонованого вібратора видно, що винахід дозволяє спростити конструкцію, що означає що він більш надійний і економічний в експлуатації.

У роботі [9] описано дебалансний вузол, що управляється. Винахід відноситься до електромеханічних регульованих вібраторів (віброзбудників), що використовується в різних галузях промисловості. Завданням запропонованого винаходу є забезпечення надійної і стійкої роботи керованого дебалансного вузла вібратора.

Як показано на рисунку 4.2, керований дабаласний вузол має корпус 1 (показаний умовно). На приводному валу 2 закріплений нерухомий дебаланс 3, а на підшипниках 4 встановлений рухомий дебаланс 5. Нерухомий 3 і рухомий 5 дебаланси можуть бути встановлені і на ексцентричному кінці 21 приводного валу 2. У корпусі 1 закріплена друкована плата 6 з обмоткою 7, або феромагнітний магнітопровід 8 з обмоткою 7. Обмотка 7 підключена до керованого приймача електричної енергії, наприклад, до змінного резистору.

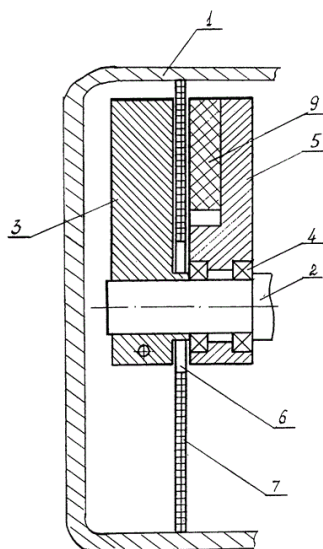


Рисунок 4.2 – Керований дебалансний вузол

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(2).032186.01-90ПЗ

Арк

11

Технічним результатом винаходу є спрощення конструкції, а також збільшення швидкодії при установці рухомого дебаланса на потрібний кут.

У роботі [10] розглянуто дебалансний віброзбудник. Винахід відноситься до вібраційної техніки і може бути використано в будівельній індустрії, гірничої промисловості, машинобудуванні та в інших галузях для створення вібраційних пристроїв.

Дебалансний віброзбудник, як видно на рисунку 4.3, містить корпус 1, вал з дебалансом 2, який розміщений на опорах обертання, що складаються з склянок 3 і підшипників 4, привід для обертального руху 5 вала з дебалансом 2, самовстановлювальні підшипники 6. Склянки 3 взаємодіють з корпусом 1 через пружні елементи 7.

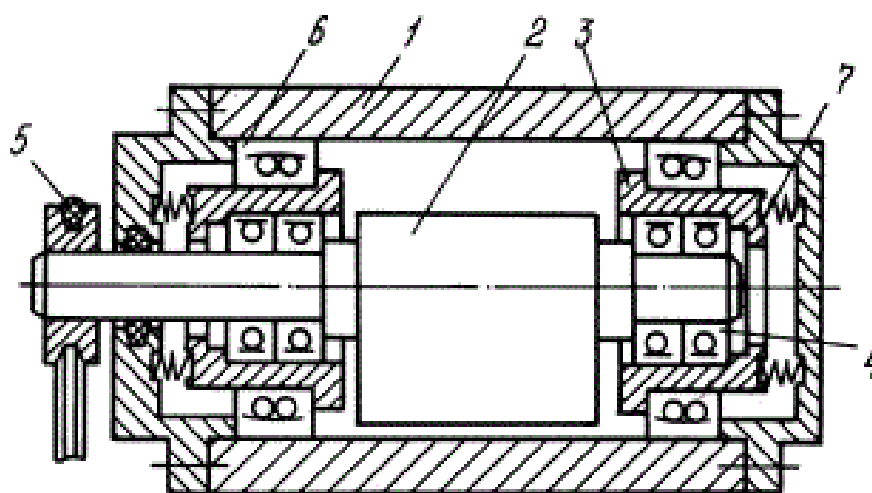


Рисунок 4.3 – Дебалансний віброзбудник [10]

В основу винаходу поставлена задача створення надійного дебалансного віброзбудника з більш повною компенсацією динамічних кутових перекосів в опорах обертання.

Поставлена задача вирішується в дебалансному віброзбуднику, який містить корпус, вал з дебалансом, що розміщений на опорах обертання, який складаються зі стаканів і підшипників, при цьому останні розташовані з можливістю обертання валу з дебалансом щодо стаканів. Таким чином, запропонований дебалансний віброзбудник, досить простий у виконанні і надійний за рахунок менших динамічних кутових перекосів в підшипниках опор обертання валу з дебалансом.

У патенті [11] розглянуто віброзбудник. Віброзбудник (рисунок 4.4) призначений для збудження механічних коливань і може бути використаний для створення коливального руху різних вібропристроїв.

У корпусі 1 з внутрішньою циліндричною поверхнею встановлена провідна ланка 2 з сегментними виступами 4, вісь обертання якої зміщена щодо осі корпусу 1, і бігунки 3, що переміщається уздовж хорди сегментних виступів 4, взаємодіючи при цьому з корпусом 1. При обертанні провідної ланки 2 в корпусі 1 змінюється відстань центру бігунки 3 від осі ведучого ланки 2, викликаючи зміну кінетичної енергії бігунки 3 від T_{\max} до T_{\min} .

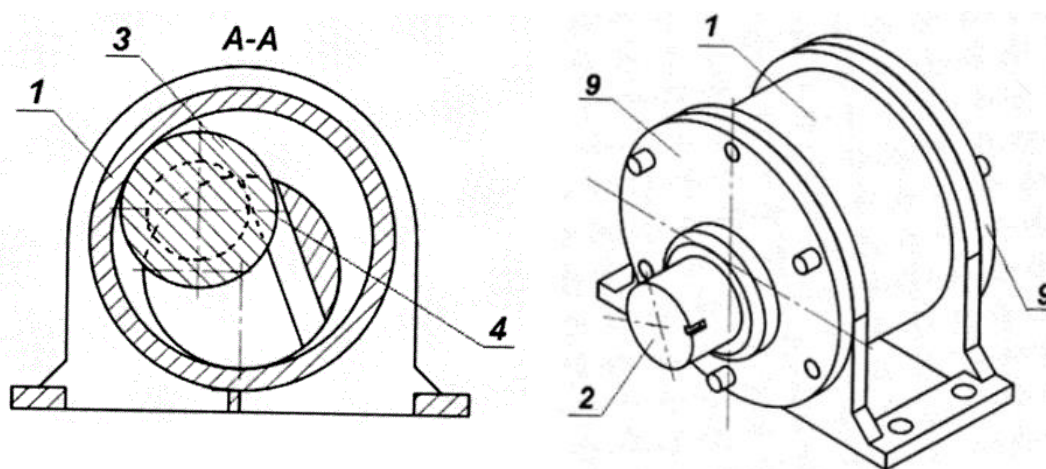


Рисунок 4.4 – Віброзбудник [11]

Технічний результат полягає в підвищенні надійності конструкції віброзбудника.

У патенті [12] розглянуто вібратор Фадєєв, який зображено на рисунку 4.5. Пристрій відноситься до вібраційної техніки і призначений для порушення вібрації зі спрямованим збурюванням в установках просівання сипучих матеріалів, наприклад, насіння рослин.

Метою удосконалення є спрощення конструкції і поліпшення компактності. Зазначена мета досягається тим, що вібратор Фадєєва, що містить зубчасту передачу з двох шестірень, що мають можливість обертатися в протилежні сторони, відповідно до удосконалення, який відрізняється тим, що шестірні зубчастої передачі виконані у виді інерційних елементів (дебалансів), де центри мас шестірень зміщені щодо центрів

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(2).032186.01-90ПЗ

Арк

13

обертання шестірень, причому для створення спрямованого збурювання центри мас шестірень розташовані в протифазі один до одного.

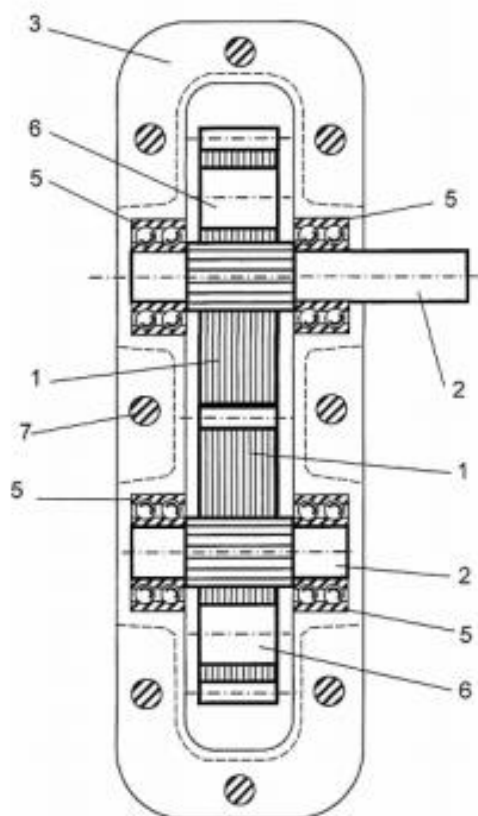


Рисунок 4.5 – Вібратор Фадеева [12]

Перелік позначень на рисунок 5.6: 1 - шестірня; 2 - вал; 3 - корпус; 4 - двигун; 5 - підшипник; 6 - отвір; 7 - болт.

Технічний результат: спрощується конструкція пристрою, поліпшується компактність пристрою.

У роботі [13] запропоновано дебаланс для вібраторів (рисунок 4.6). Винахід відноситься до вібраційної техніки і може бути використаний в машинобудівній, приладобудівній та інших галузях техніки.

Винахід складається з гідроциліндра 1, закріпленого за допомогою різьби і контргайки 2 на корпусі 3. Сам корпус 3 закріплюється на валу 4 вібратора шляхом затягування болта 5 в кільцевій канавці 6 вала вібратора. Внутрішня порожнина гідроциліндра 1 розділена перегородкою 7 на дві камери перемінних об'ємів - холосту камеру «а», заповнену робочою рідиною, і робочу камеру «б», рухомими стінками яких являються два поршні

8 і 9, з'єднані між собою полим штоком 10, через систему отворів 11 і 12 в якому, при появі надлишку тиску, рідина із однієї камери може переходити в другу. Конічна пружина 13, розміщена між поршнем 8 і притиснутою нею до перегородки 7 еластичною прокладкою - клапаном 14, що перекриває радіально розміщені в перегородці 7 отвори 15 і 16) забезпечує кінцеве положення поршня 8 відносно перегородки 7 (і максимальний об'єм холостої камери «а» в стані спокою), а також повернення з'єднаних між собою полим штоком 10 поршнів 8 і 9 в початкове положення після виключення вібратора.

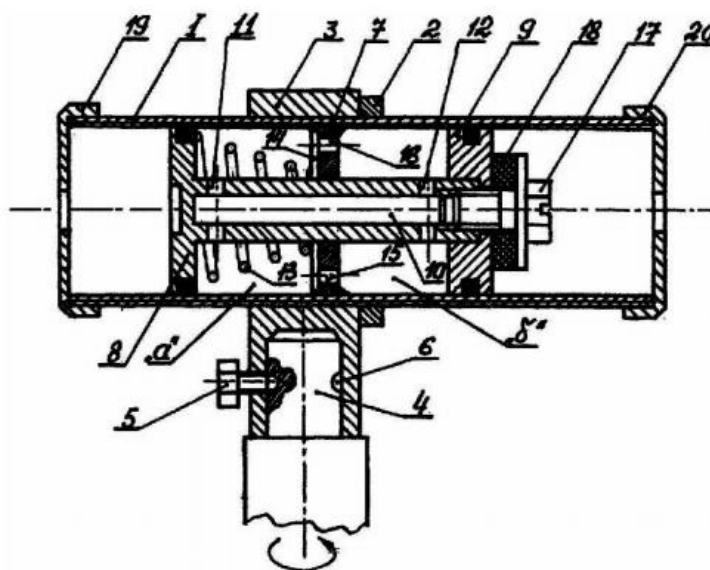


Рисунок 4.6 – Дебаланс [13]

Винахід дозволяє збільшити ефективність дебалансу і розширити його технологічні можливості, забезпечити можливість регулювання кінетичного моменту інерції та безступінчатого регулювання швидкості входу дебалансу в робоче положення в часі без його розбирання, знизити його металоємкість.

У роботі [14] розглянуто подвійний вібраційний збудник для лінійних живильників. Винахід відноситься до області техніки лінійних живильників.

Як видно з рисунка 4.7, двовісний збудник для живильників містить активний 7 і пасивний 6 роликові підшипники з конусністю 1:12. Корпус активного підшипника 7 живиться від з'єднувача 11 і поперечної універсальної муфти 9. Пасивний підшипник 6 механічно з'єднаний з ведучим підшипником 7 через корпус підшипникового шатунного диска, що

генерує захоплюючу силу. З'єднувальна пластина 8 і головний вал 2 сполучені втулкою 10. Регульований ексцентричний блок 12 встановлений на внутрішній та зовнішній сторонах, зовнішнє кільце пасивного підшипника 6 має зуби, а ведений підшипник 13 обертається за допомогою зубчастого зачеплення, 5 – масляний бак, 4 – повітроочисник. Фіксований вал 3 закріплений стопорною гайкою 9 у внутрішньому отворі ведучого підшипника 7 і пасивного підшипника 6, а один кінець нерухомого валу 3 закріплений на корпусі 1. Корпус 1 встановлений зовні головного валу 2.

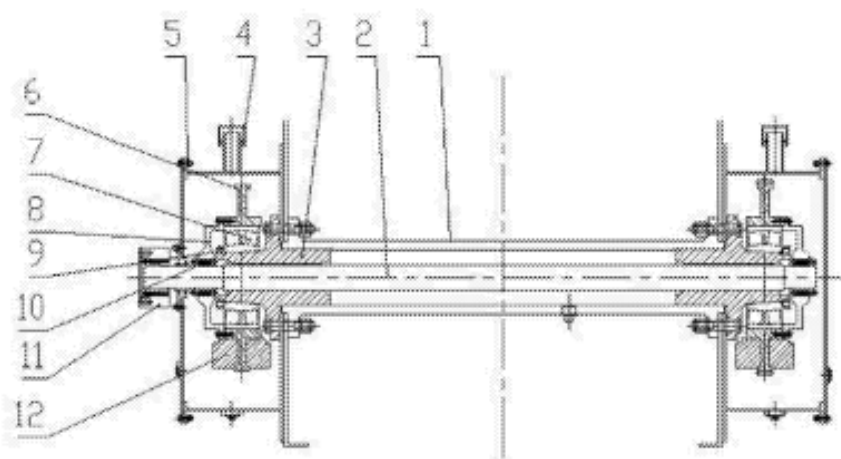


Рисунок 4.7 – Подвійний вібраційний збудник [14]

Кут взаємного розташування валів на ексцентричному блоці 12 регулюється, що вирішує проблему короткого терміну служби підшипників. Додавання додаткової маси до ексцентричного блоку 12 дозволяє змінювати частоту запуску і регулювати швидкість і змінювати захоплюючу силу. Розширювальна втулка 10 полегшує розбирання і монтаж вібратора .

У роботі [15] розглянуто механічний вібратор. Механічний вібратор застосовується для вібраційних грохотів або інших пристроїв, в яких використовуються лінійні, кругові чи еліптичні рухи для просіювання, класифікації, транспортування, дозування, подачі, так і просто вібрації.

Механічний вібратор, що на рисунку 4.8, містить корпус підшипників 10, що кріпиться до бічної стінки 2 корпусу 1 і несе всередині симетрично до центральної лінії (CL) пару підшипників 20; вал 30, який підтримується

парою підшипників 20 і має внутрішню кінцеву частину 31 і зовнішню кінцеву частину 32, яка виступає назовні з корпусу 10 підшипників. На валу 30 закріплені противаги 70, 80, що мають ексцентричні маси різних величин; противаги 80 вибірково і змінно прикріплена третя противага 90, яка має третю ексцентричну масу, що забезпечує зміну загальної ексцентричної маси вібратора без зміни рівноваги розподілу навантажень на підшипники 20.

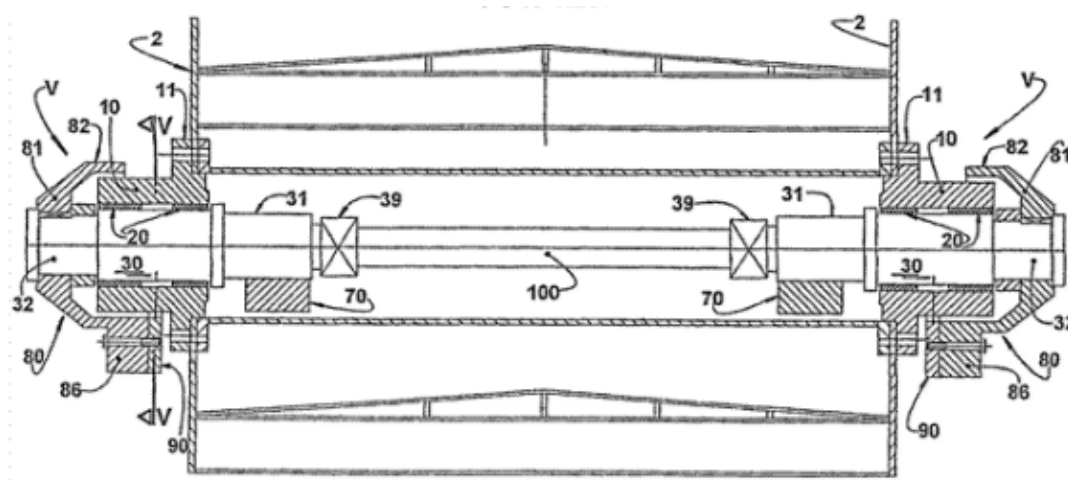


Рисунок 4.8 – Механічний вібратор [15]

Зменшення радіального вильоту противаг всередині пристрою дозволяє конструювати захисний кожух і захисний елемент зі зменшеними розмірами, що призводить до меншого вертикального розміру вібратора.

У роботі [16] описана корисна модель пристрою для збудження механічних коливань, яка відноситься до пристроїв для отримання і збудження коливань широкого спектра частот і амплітуд і може бути використана в вібраційних машинах у різних галузях промисловості.

Корисної модель, яка наведена на рисунку 4.9, виконана у вигляді корпусу пристрою 1, закріпленого на деякій конструкції 7 через хвилевід 6. Корпус 1 з'єднаний з електроприводом 2. Усередині електроприводу 2 розташований обертовий вал 3, який проникає в корпус пристрою 1 і приводить в рух стрижень 4 на який кріплять вантажі 5, які можуть бути прикріплені в будь-якій точці вздовж всієї довжини стержня 4.

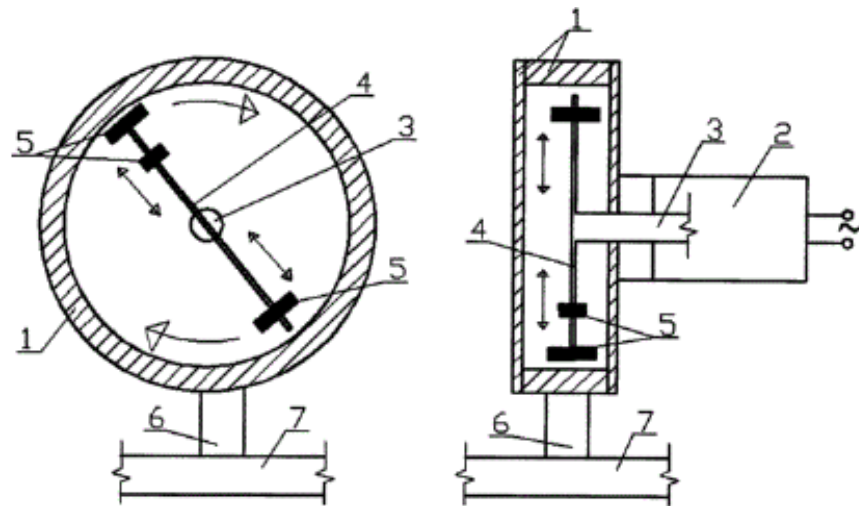


Рисунок 4.9 – Пристрій для збудження механічних коливань [16]

Відцентрові сили, створювані обертанням стрижня 4 з вантажами 5 збуджують в циліндричному корпусі 1 коливання широкого спектру частот і амплітуд, які через хвилевід 6 передаються на конструкцію, в якій необхідно викликати коливання, що дозволяє отримати широкий спектр частот і амплітуд вимушених коливань при високій стабільності і стійкості роботи пристрою.

У роботі [17] розглянуто корисну модель дебалансного вібратора, що зображений на рисунку 4.10. Корисна модель відноситься до пристроїв для отримання і збудження коливань широкого спектру частот. Пристрій встановлюють по боках вібраційного пристрою де необхідне використання лінійних, кругових або еліптичних рухів для переробки сипкого матеріалу в гірничорудній, будівельній, харчовій та інших галузях промисловості.

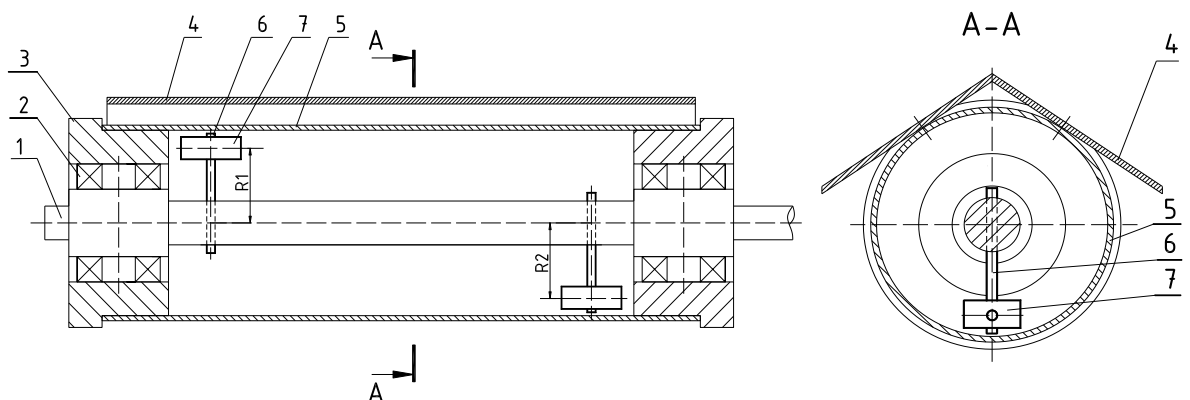


Рисунок 4.10 – Дебалансний вібратор [17]

Електродвигун (не показано) приводить в рух вал 1, який обертає закріплені в ньому вісь 6 з дебалансом 7. Вимушена сила передається на захисний елемент 5 та кришку 4, де знаходиться шар сипкого матеріалу. Дебаланси 7 встановлені асинхронно, що дозволяє послідовно збуджувати ліву та праву частину валу 1. Амплітуда вимушених коливань регулюється положенням дебалансу 7 відносно осі валу 1 при зміні відстані R1 та R2 відповідно.

Заявлене технічне рішення удосконалює регулювання амплітуди коливань, а асиметричне положення дебалансів викликає різні коливання в протилежних кінцях валу і конструкції в цілому, що інтенсифікує процеси в яких використовується дебалансний вібратор

5 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення вібратора

Для удосконалення вібратора віброшнекового живильника на основі прототипу [15] та аналогу [16] розроблено власну корисну модель [17] дебалансного вібратора.

Корисна модель, зображена на рисунку 4.10 відноситься до пристроїв для збудження коливань широкого спектра частот і амплітуд для переробки сипкого матеріалу в гірничорудній, будівельній, харчовій та інших галузях промисловості.

Дебалансний вібратор складається з валу 1, підшипників 2, які встановлені у зовнішньому фланці 3, закріплених на ньому кришки 4 та циліндричного захисного кожуха 5. На валу 1 закріплені вузли дебалансів, які виконані у вигляді вісі 6 та дебалансу 7.

Електродвигун приводить в рух вал 1, який обертає закріплені в ньому різьбовим з'єднанням вісь 6 з дебалансом 7. Відцентрова сила, що виникає під дією обертання дебалансів збуджує коливання, які передаються на захисний елемент 5 та кришку 4. Вузли дебалансів на кінцях валу 1 встановлені асинхронно, що послідовно збуджує ліву та праву частину валу 1. Амплітуда коливань дебалансного вібратора регулюється величиною ексцентриситету, (зміна відстаней R_1 та R_2).

Дане рішення полегшує регулювання амплітуди коливань, а асиметричне положення дебалансів викликає різні коливання в протилежних кінцях валу, що інтенсифікує процеси, де використовується дебалансний вібратор.

6 Охорона праці

Охорона праці – це система актів та законів, націлених на виконання соціально-економічних, технічних, санітарно-гігієнічних, правових норм для збереження здоров'я та працездатності працівника підприємства.

Завданням охорони праці є мінімізація впливу факторів, які призводять до виробничого травматизму чи виникнення професійних захворювань.

Відповідно до теми дипломного проекту «Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора», при роботі технологічної лінії з виробництва склотари розробляються певні заходи, які забезпечують безпечні умови праці.

При роботі обладнання, оператор процесу знаходиться у приміщенні, встановленому у виробничому цеху, площею $S = 60 \text{ м}^2$ та об'ємом $V = 360 \text{ м}^3$. Виявлено існування таких шкідливих та небезпечних факторів виробничого процесу:

- електробезпека;
- пожежна безпека;
- промислове освітлення;
- повітря робочої зони
- виробничий шум;

Проаналізовано наведені вище шкідливі та небезпечні фактори [16].

6.1 Повітря робочої зони

Робота оператора живильника віброшнекового відноситься до категорії легких фізичних робіт. Енерговитрати людини досягають 150 ккал/г (172 Дж/с). Згідно категорії оптимальні параметри метрологічних умов в робочій зоні живильника віброшнекового складають:

В холодний період року:

- температура повітря – $(22 \dots 24)^\circ\text{C}$,
- відносна вологість – 60-40%,

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

- швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

В теплий період року:

- температура повітря – (23...25)°С,

- відносна вологість – 60-40%,

- швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Параметри повітряного середовища повинні відповідати ДСН 3.3.6.042-99

Приміщення, де встановлений живильник віброшнековий повинне забезпечуватися пиловловлюючими апаратами (оскільки транспортуються абразивні матеріали), які забезпечують очищення від пилу повітряного басейну заводу та прилеглих до нього територій.

Санітарно-гігієнічні норми запиленості в цеху транспортування матеріалу забезпечуються розвиненою системою вентиляції та кондиціонування повітря в приміщенні, надійними ущільнювачами з'єднань матеріалопроводів і газоходів. З висотних поверхонь збирання пилу виробляють через спеціальні спускні труби, які з'єднані з герметичними бункерами, відповідно ГОСТ 12.1.005-88 [18].

6.2 Промислове освітлення

Освітлення є одним із найсуттєвіших чинників виробничого середовища, який забезпечує необхідний зоровий зв'язок працівника з оточенням. Правильна організація освітлення робочого місця оператора живильника віброшнекового знижує енерговитрати організму, що підвищить продуктивність і якість праці. Залежно від джерел освітлення, розрізняють штучне, природне та суміщене освітлення. Найбільш сприятливим роботі є використання природного освітлення приміщень, тому у денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом, для чого вибирається бічне освітлення через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Норми рівня освітленості робочих поверхонь обирають згідно СНиПП-4-79/85. Розряд зорової роботи – VIII (загальне спостереження за ходом технологічного процесу), то для приміщення виробничого цеху рекомендована

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

освітленість – $E_n = 200$ лк. Штучне світло на підприємстві за спектральним складом повинне наближатися до природного. Для штучного освітлення цеху обираємо стандартну лампу – ДРИ-400, світловий потік якої дорівнює 19000 лм. Кількість ламп $N=25$ шт. $E_f=250$ лк, що нормується ДБНВ 2.5.2.8-2006.

6.3 Шум у виробничому середовищі

Джерелом шуму при роботі живильника віброшнекового є:

- дебалансний вібратор;
- електродвигун;
- редуктор;
- вентиляція.

Максимальний рівень шуму 105 дБА. Тривалий вплив шуму приводить до часткової чи повної втрати слуху, зниження пам'яті, дратівливості, підвищеної стомлюваності. Це означає прийняття необхідних обмежень захисту від виробничого шуму.

Згідно нормативним актам, захист працівників від шуму здійснюється колективними або індивідуальними засобами. Колективні засоби знижують шум в джерелах його виникнення та на шляху поширення.

Заходи по зниженню шуму поділяються на архітектурно-планувальні (впровадження акустичних розробок при плануванні будівель, раціональне розміщення обладнання і робочих місць); організаційно-технічні (застосування сучасного технологічного устаткування з низьким рівнем шуму, впровадження дистанційного контролю за машинами, дотримання режимів праці й відпочинку); акустичні (звукопоглинання). Звукоізоляція є одним з ефективних і економічних способів захисту від шуму та досягається створенням герметичних перешкод на шляху поширення шуму (стіни, кожухи, екрани, глушники, акустична обробка приміщень з використанням звукопоглинальних пористих матеріалів. Фактичний рівень шуму на робочому місці оператора дистанційного керування живильника віброшнекового має становити не більше 65 дБА відповідно ДСН 3.3.6.037-99.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Електробезпека

Виробниче приміщення, де встановлена установка дистанційного керування живильником віброшнековим, згідно діючих правил ПУЕ відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом оскільки для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В частотою 50 Гц із ізольованою нейтраллю.

Причинами враження працівників електричним струмом можуть статити наступні чинники:

- невиконання вимог нормативів щодо контролю електрообладнання;
- недоліки при ремонті чи монтажі електроустановки;
- відсутність інструкцій для електро-технічного персоналу;
- порушення виробничої дисципліни;
- пробій на корпус;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку

короткого замикання.

За величину тривалого враження струмом за нормальних умов приймають силу струму $I=0,01$ А.

Для запобігання травм необхідно вжити таких заходів безпеки:

- ізоляція струмовідних частин;
- захисне розділення електромереж;
- засоби орієнтації для електроустановок;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку потрапляння людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- можливість захисного відключення;
- заземлення у місцях з небезпекою утворення статичної електрики.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		24

6.5 Пожежна безпека

На виробництві може горіти: дерев'яні матеріали, електроізоляція та горючі речовини. Категорія пожежної небезпеки цеху, де використовується живильник віброшнековий - В (згідно ОНТП 24-86 – приміщення, де знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані), клас зони пожежонебезпеки П-Па, ступінь вогнестійкості II (згідно СНиП 2.01.02-85)

Серед причин, які викликають спалах при роботі оператора живильника, найбільш частими є:

- спалах ізоляції електропроводів;
- несправність електроустаткування;
- використання вогню в недозволеному місці;
- коротке замикання, перевантаження кабелів живлення;
- іскри під час електро- і газозварювальних робіт.

Запобігання можливості появи спалаху забезпечується дотриманням технологічних норм і правил експлуатації:

- своєчасне проведення інструктажу по техніці безпеки для працівників заводу; наявність системи електричної пожежної сигналізації та засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

- наявність засобів пожежогасіння в необхідній кількості в безпосередній близькості від установки (пісок, вогнегасник);

- оповіщувачі;
- заземлені металеві елементи;
- встановлення громовідводу на будівлі.

При виникненні пожежі необхідне негайне знеструмлення обладнання в зоні пожежі або загоряння, вжити заходів для гасіння вогню.

У приміщенні біля телефонів слід вивішувати таблички із зазначеним номером телефону "101" для виклику пожежної охорони.

Схема евакуації людей і техніки на випадок виникнення пожежі на території підприємства має бути відома усім працівникам.

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Гасіння спалаху при відключеному електроустаткуванні виконують вуглекислими вогнегасниками ОУ-5 (2 шт.). Включені електромережі гасять порошковим вогнегасником ОП-10 (1 шт.).

Інвентар та пожежне обладнання слід розміщувати в легкодоступних місцях і тримати готовими до негайного використання. Необхідний постійний контроль з боку відповідальних працівників за технічним станом вогнегасників. Після установки ширина проходу огороження повинна бути не менше 1,2 -1,5 м. Головні проходи у цехах повинні бути не менше 1,5 м. [18]

					ЛП51(2).032186.01-90ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

7 Очікувані механіко-економічні показники

Одним з недоліків живильника віброшнекового є нерівномірна подача матеріалу до жолоба шнека, що призводить до зупинки шнека через забивання матеріалом. Це зумовлює зниження продуктивності лінії через невраховану витрату часу на очищення шнека.

Конструкція модернізованого дебалансного вібратора дозволяє регулювати амплітуду коливань кришки шляхом зміни величини маси дебалансу, не розбираючи весь вузол дебалансного вібратора, що значно збільшить ефективність роботи живильника віброшнекового та зменшить час ремонту чи наладки обладнання.

Асинхронне розміщення дебалансів дозволяє по чергово збуджувати ліву і праву частину дебалансного валу, що надає додаткові вимушені коливання системі. Це ефективно перемішує матеріал, що сприяє подачі матеріалу при підвищеній вологості або високі здатності до злипання.

Даний дебалансний вібратор є більш економічним при виготовленні, оскільки незрівноважена частина дебалансу, яка викликає вимушені коливання системи, має меншу масу, що зменшує металоємність на 10 – 15%.

Висновки

З метою вивчення призначення, конструкції та принципу роботи обладнання, виконано дипломний проєкт на тему «Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора». Як приклад використання віброшнекового живильника в промисловості, обрано технологічну схему виробництва скляної тари.

В ході виконання дипломної роботи вивчено принцип роботи та устрій машини. Проаналізовано технічні параметри та характеристики живильника, визначено переваги й недоліки машини.

Наведено технічні характеристики живильника віброшнекового та параметри вібратора.

Розглянуто шляхи удосконалення конструкції живильника віброшнекового. Проведено літературно-патентний пошук, на підставі якого подано заявку на корисну модель "Дебалансний вібратор". Запропоноване технічне рішення дозволяє забезпечити широкий спектр частот і амплітуд коливань, а асиметричне положення дебалансів дає можливість викликати різні коливання в протилежних кінцях валу і конструкції в цілому, що дозволяє інтенсифікувати процеси в живильнику, а також додатково перемішувати матеріал, що є корисним для описаного технологічного процесу виготовлення скляної тари.

У ході виконання розділу "Охорона праці" виявлено небезпечні і шкідливі для життя і здоров'я людини фактори, які виникають під час роботи обладнання. Це виробничий шум, пожежна безпека, запиленість повітря, електробезпека, неправильне освітлення. Визначено засоби колективного та індивідуального захисту, що можуть забезпечити безпеку життєдіяльності людей на виробництві.

Визначено механіко-економічні показники, які підтверджують ефективність запропонованого технічного рішення для модернізації вібратора живильника віброшнекового.

Розрахунки

ЗМІСТ

1 Розрахунки, які підтверджують працездатність живильника віброшнекового	2
1.1 Параметричний розрахунок дебалансного вібратора.....	2
1.2 Розрахунок на міцність дебалансного вібратора	3
1.3 Кінематичний розрахунок дебалансного вібратора	4
2 Розрахунок параметрів живильника віброшнекового за допомогою обчислювальних систем на ПЕОМ.....	7
2.1 Розрахунки на міцність, виконані за допомогою програми Fortran	7
2.2 Розрахунок частоти власних коливань дебалансного вібратора за допомогою системи ANSYS	9
Висновки	12

					<i>ЛП51(2).032186.02-90PP</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Студент</i>	<i>Омельчук І</i>				<i>Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора</i>	<i>Літ</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Шилович І.Л.</i>						<i>1</i>	
<i>П.контр</i>						<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>	<i>Гондляр О.В.</i>							

1 Розрахунки, які підтверджують працездатність живильника віброшнекового

1.1 Параметричний розрахунок дебалансного вібратора

За початковими умовами для розрахунку, що наведені в таб.2.1 визначено маси рухомих частин дебалансного вібратора:

- маса валу:

$$m_v = \frac{\pi * d^2}{4} * L * \rho = \frac{3.14 * 0.05^2}{4} * 1 * 7800 = 15.315 \text{ кг}$$

- маса кришки:

$$m_k = 2 * l_k * h_k * \delta_k * \rho = 2 * 0.84 * 0.08 * 0.003 * 7800 = 3.2 \text{ кг}$$

- маса одного дебалансу:

$$\begin{aligned} m_d &= (a * b - \pi * r^2) * \delta_d * \rho = \\ &= (0.06 * 0.150 - 3.14 * 0.01^2) * 0.045 * 7800 = 5 \text{ кг} \end{aligned}$$

- маса вісі дебалансу:

$$m_o = l * \pi * r^2 * \rho = 0.110 * 3.14 * 0.01^2 * 7800 = 0.6 \text{ кг}$$

Звідси загальна маса обертових тіл віброшнекового живильника:

$$M_o = m_v + m_k + 2 * m_d + 2 * m_o = 15.315 + 3.2 + 2 * 5 + 2 * 0.6 = 29.66 \text{ кг}$$

Частота обертання валу

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} = \frac{3.14 * 4}{30} = 0.419 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП51(2).032186.02-90РР	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		2

1.2 Розрахунок на міцність дебалансного вібратора

Розрахунок вимушеної сили виконаний за методикою, наведеною в [3].

Умова міцності дебалансного валу:

$$\sigma_{max} = \frac{M_i}{W_o} \leq [\sigma]$$

Амплітуда коливань кришки на холостому ході дебалансного вібратора:

$$A = \frac{K}{2 * m_d} = \frac{0.496}{2 * 5} = 0,049 \text{ м}$$

Момент опору валу (деталь круглого перерізу) дебалансного вібратора

$$W_o = \frac{\pi * d^3}{32} = \frac{3.14 * 0.05^3}{32} = 1.23 * 10^{-5} \text{ кН * м}$$

Відношення обертових і загальної мас машини:

$$q = \frac{M_o}{M_3} = \frac{29,66}{2600} = 0.011$$

Власна частота коливань дебалансного вібратора:

$$p_x^2 = \sqrt{\frac{C}{M_o}} = \sqrt{\frac{59}{29,66}} = 1.41 \text{ кГц}$$

Приведений коефіцієнт в'язких опорів матеріалу

$$2n_x = \frac{C}{M_o} = \frac{59}{29.66} = 1,989$$

Закон переміщення коливальної системи в усталеному режимі:

$$x = A * \sin(\omega t - \varphi) = 0.05(0.419t - 0.431),$$

де φ - кут зсуву фаз між переміщеннями коливальної системи і зміщенням дебалансів дебалансного вібратора

$$\varphi = \arctg\left(\frac{2n_x * \omega}{p_x^2 - \omega^2}\right) = \arctg\left(\frac{1,989 * 0,419}{1,41^2 - 0,419^2}\right) = 0.431 \text{ рад}$$

Відцентрова сила, яка виникає при обертанні дебалансів

$$I = 2 * m_d * (e - A) = 2 * 5 * (0.04 - 0.0496) = -0.096 \text{ кН}$$

					ЛП51(2).032186.02-90PP	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		3

Знак мінус у правій частині рівності означає, що при зарезонансному режимі коливань вібратора переміщення кришки знаходиться в протифазі з вимушеною силою.

Момент інерції:

$$M_i = I * e = -0,096 * 0,04 = -3.8 \text{ Н} * \text{м}.$$

Тоді критичне зусилля яке виникає в круглому перерізі:

$$\sigma_{max} = \frac{3.8 * 10^{-3}}{1.23 * 10^{-5}} = 308.9 \text{ кПа} \leq 210 \text{ МПа}$$

Отримане значення задовольняє умову міцності $\sigma_{max} \leq [\sigma]$ для обраного матеріалу.

1.3 Кінематичний розрахунок дебалансного вібратора

В процесі експлуатації обладнання знаходиться під значним навантаженням. Створення сучасного високопродуктивного обладнання передбачає, що навантаження холостого ходу будуть малими порівняно з робочим опором. В іншому випадку пристрій є малоефективним.

Двигун надає енергію для підтримання вимушених коливань, але також піддається їх впливу. При робочому ході рух такої системи супроводжується сильною взаємодією між її складовими. Переміщення валу дебалансного вібратора задаватиме режим руху матеріалу, що транспортується і навпаки: вантаж впливає на закономірності коливань дебалансного валу

Потужність, яка витрачається вібратором для подолання інерції дебалансного валу на холостому ходу:

$$\begin{aligned} N_B &= 8m_d * e^2 * (1 + u) * \omega^3 * (t + M_o * (1 + q * (1 + u) * \omega^2 * t)) \\ &= 8 * 5 * 0.04 * (1 + 1) * 0.419^3 * (0.0006 + 29.66 \\ &\quad * (1 + 0.011 * (1 + 1) * 0.419^2 * 0.0006)) = 0.279 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

$$\text{де } t = \frac{q * \omega^3}{4n * \omega^2 + (p_x^2 - \omega^2)^2} + \frac{q * (1 + u) * \omega^3 * n}{4n * \omega^2 + (p_x^2 - \omega^2)^2}.$$

					ЛП51(2).032186.02-90PP	Арк
Зм.	Арк	№ док.	Підпис	Дата		4

Потужність, яка необхідна для подолання сили тертя в підшипниках:

$$N_{\Pi} = K * \omega^3 * d = 0.496 * 0.419^3 * 0.05 = 0.002 \text{ кВт}$$

Потужність, яка необхідна для подолання опору матеріалу, що знаходиться на кришці обрано за амплітудно-частотно-силовою характеристикою вібратора [3] залежно від амплітуди коливань кришки:

$$N_M = 0.1 \text{ кВт}$$

Загальна потужність, що витрачається:

$$N_d = \frac{N_B + N_{\Pi} + N_M}{\eta} = \frac{0,279 + 0,002 + 0.1}{0,9} = 0.42 \text{ кВт},$$

де $\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна.

За результатами розрахунку обираємо двигун 4А80В8УЗ з синхронною частотою обертання $n_c = 750 \text{ хв}^{-1} = 12,5 \text{ с}^{-1}$;

де 4А – номер серії і асинхронний тип двигуна, з чавунними станиною та щитами;

80 – висота вісі обертання валу електродвигуна від опорної поверхні в міліметрах;

В– довжина сердечника статора; 8 – число полюсів двигуна;

УЗ – двигун призначений для районів з помірним кліматом і роботи в закритих приміщеннях з природною вентиляцією.

Потужність двигуна $N = 0.55 \text{ кВт}$, $T_{\max}/T_{\text{ном}} = 1,7$; $T_{\text{поч}}/T_{\text{ном}} = 1,6$.

Частота обертання двигуна під навантажкою:

$$n_1 = n_c - \left(n_c * \frac{S}{100\%} \right) = 750 - \left(750 * \frac{9}{100} \right) = 682.5 \text{ хв}^{-1}$$

Знаходимо кутову швидкість обертання валу двигуна $\omega_{\text{дв}} = \omega_1$.

$$\omega_{\text{дв}} = \omega_1 = \pi * \frac{n_1}{30} = 3.14 * \frac{682.5}{30} = 71.43 \text{ с}^{-1}$$

Загальне передаточне число

$$i = \frac{n_1}{n_B} = \frac{\omega_1}{\omega} = \frac{750}{4 * 60} = 3.125$$

					ЛП51(2).032186.02-90РР	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		5

Попередньо обираємо передаточне число $u=3,15$ за нормальним рядом для одноступінчастого циліндричного прямозубого редуктора.

Крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_1 = 9550 * \frac{N_d}{n_c} = 9550 * \frac{0.55}{750} = 7 \text{ кН} * \text{м}$$

Крутний момент на дебалансному валу:

$$T_v = 975 * \frac{N_B}{n} = \frac{0.279}{0.419} = 665.9 \text{ Н} * \text{м}$$

					ЛП51(2).032186.02-90PP	Арк
						6
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Розрахунок параметрів живильника віброшнекового за допомогою обчислювальних систем на ПЕОМ

2.1 Розрахунки на міцність, виконані за допомогою програми Fortran

Для перевірки розрахованих в п.1.2 значень допустимого напруження дебалансного валу, в програмному середовищі Fortran було написано програму для розрахунку вимушеної сили коливань та сили інерції, що виникають при роботі дебалансного вібратора при заданих в табл.2.1 параметрах. Для пояснення алгоритму програми складено таблицю ідентифікаторів та блок-схему алгоритму (Додаток Б).

Розрахунок виконаний за методикою, наведеною в [7] та [19].

Текст програми:

```
program force
  Real md,mo,e,omega,n,pi,k,ks,F,i,d,Wo,sig,M
  DATA md/5./,mo/1.2/,e/0.04/,n/4./,pi/3.1415/,i/2./,d/0.05/
  k=(md+mo)*e
  ks=i*k
  omega=n*pi/30.
  F=ks*omega**2
  Wo=pi*d**3/32
  M=F*e
  sig=M/Wo
  WRITE(*,*)'Вимушена сила F=',F, 'kH'
  WRITE(*,*)'Момент інерції Mi=',M, 'kH*m'
  WRITE(*,*)'Зусилля sig=',sig, 'kPa'
  STOP
end program force
```

					ЛП51(2).032186.02-90PP	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

Результати розрахунків:

Вимушена сила $F = 8.70228335E-02$ kN

Момент інерції $M_i = 3.48091335E-03$ kN*m

Зусилля $\sigma = 283.658691$ kPa

Абсолютна похибка розрахунків становить:

- сила інерції (вимушена сила) - $\delta = 9,3 \%$;
- момент інерції - $\delta = 8,4 \%$;
- критичне зусилля: $\delta = 8,1 \%$.

Усі похибки розрахованих параметрів не більше 10%. Оскільки методи розрахунків різні, то похибка не перевищує допустимого значення. Це підтверджує точність розрахунків, наведених в п.1.2.

					ЛП51(2).032186.02-90PP	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок частоти власних коливань дебалансного вібратора за допомогою системи ANSYS

Розрахунок частоти власних коливань і визначення резонансних частот дебалансного валу виконано за допомогою системи ANSYS методом скінченних елементів.

Вихідні дані для розрахунку наведені в таб.2.1. Ескіз дебалансного валу зображений на рисунку 2.1.

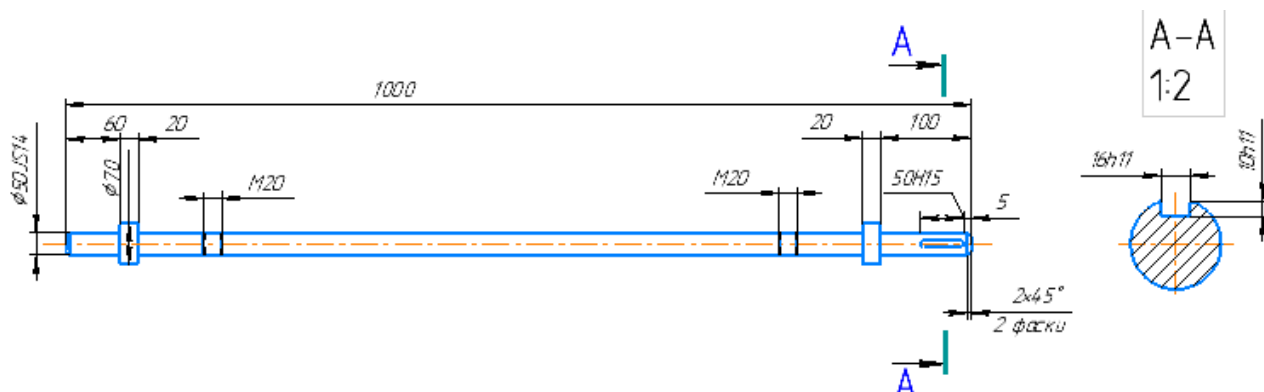


Рисунок 2.1 – Ескіз дебалансного валу

Таблиця 2.1 - Властивості матеріалу

	Позначення	Одиниці вимірювання	Величина
Модуль пружності	E	МПа	$2 \cdot 10^{-5}$
Коефіцієнт Пуасона	μ	-	0,3
Границя текучості	σ_T	МПа	300
Границя міцності	σ_B	МПа	600

У системі ANSYS було створено 3D модель дебалансного валу та закріплених у ньому на осях двох дебалансів. Вал закріплений в підшипниках та навантажується на його початку на величину $T_{кр}=665,9 \text{ Н*м}$.

На рисунку 2.2 зображена модель валу розбита на скінченні елементи за допомогою команди Mesh.

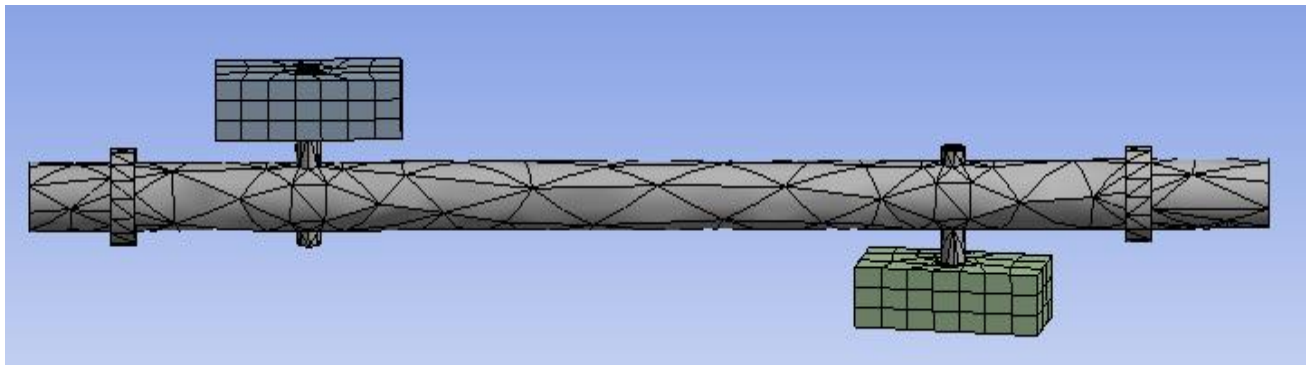


Рисунок 2.2 - Скінченно-елементна сітка дебалансного валу з закріпленими дебалансами

Проведено модальний розрахунок моделі на основі результатів статичного аналізу. Результати розрахунку наведені в додатку Г.

На рисунку 2.3 зображена одна з форм власних коливань валу з частотою 412Гц.

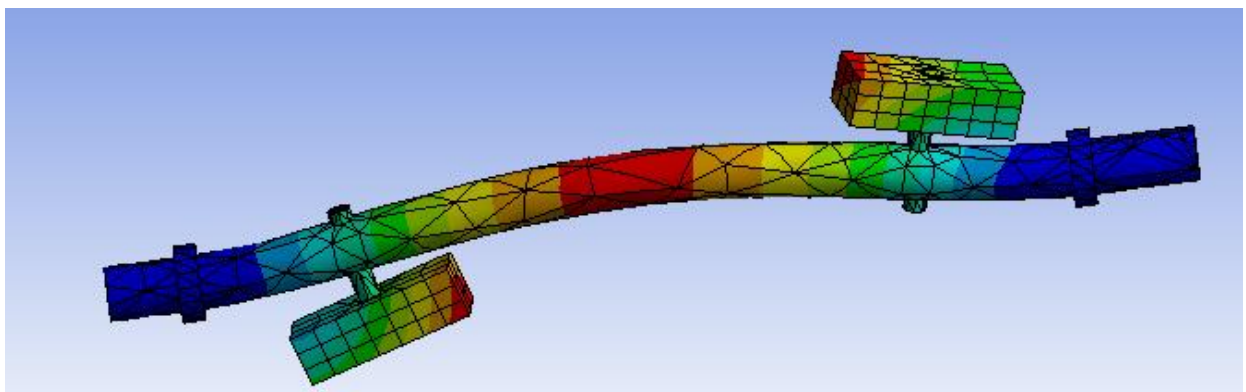


Рисунок 2.3 – Форма власних коливань валу

На рисунку 2.4 наведено результати розрахунку в ANSYS власної частоти коливань для 10 форм коливань дебалансного валу.

Усі форми власних коливань дебалансного валу наведені в додатку Б.

Дебалансний вал входить у резонанс при розрахованих частотах. Явище резонансу є небажаним і небезпечним в даній конструкції, оскільки може призвести до руйнування дебалансного валу і живильника віброшнекового в цілому.

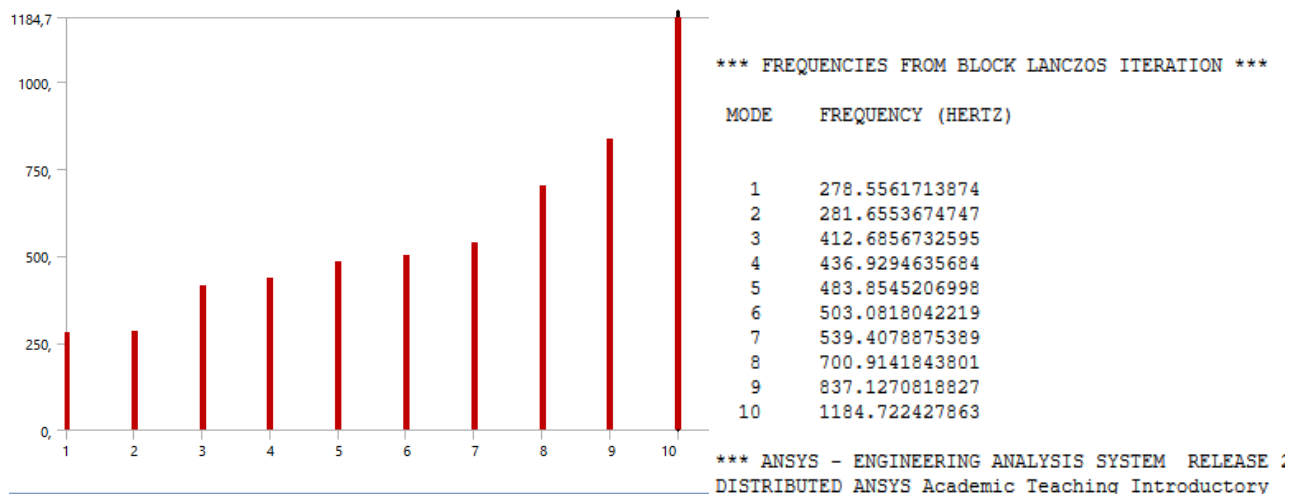


Рисунок 2.4 – Власні частоти коливань дебалансного валу

Як видно на діаграмі, бажано уникати таких частот обертання валу 4,6-4,7; 6,8-8,3; 11,6-11,7; 13,9-14; 19,7-20 об/с.

Використання відмінних від наведених значень частот обертання валу, дозволить ефективно використовувати дебалансний вібратор без ризику для роботи живильника віброшнекового.

Висновки

В результаті виконання параметричних, кінематичних та міцнісних розрахунків, підтверджено працездатність вузлів та деталей живильника віброшнекового.

Розрахунки на міцність дебалансного вібратора підтверджені за допомогою виконання двох варіантів розрахунку, один з яких виконаний мовою програмування Fortran на ПЕОМ. Результати розрахунків підтверджують точність розрахунку, оскільки похибка не перевищує 10 %.

За допомогою системи ANSYS методом скінченних елементів виконано модальний розрахунок, в результаті якого отримано значення небезпечних частот форм власних коливань дебалансного валу, при яких виникає явище резонансу. Отримані значення показують, що використана для параметричних, кінематичних та міцнісних розрахунків частота обертання дебалансного валу не є резонансною частотою.

					ЛП51(2).032186.02-90РР	Арк
						12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія машинобудування

ЗМІСТ

1	Технологія виготовлення дебалансного валу	2
1.1	Аналіз призначення деталі	2
1.2	Обґрунтування вибору заготовки для виготовлення дебалансного валу ...	3
1.3	Технологічний процес виготовлення дебалансного валу	3
2	Вибір та розрахунок пристосування для точіння	1
2.1	Вибір пристосування, опис конструкції її та дії	1
	Висновок	3

					<i>ЛП51(2).032186.03-90TE</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Студент</i>	<i>Омельчук І</i>				<i>Живильник відрощековий з модернізацією вібратора</i>	<i>Літ</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Шилович І.Л.</i>						<i>1</i>	
<i>П.контр</i>						<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>	<i>Гондляр О.В.</i>							

1 Технологія виготовлення дебалансного валу

1.1 Аналіз призначення деталі «Дебалансний вал»

Як видно з загального креслення живильника віброшнекового (ЛП51(2).032183.001-90ВЗ) вал (рисунок1) дебалансного вібратора є деталлю середнього машинобудування. Відноситься до деталей класу вали, зокрема до нежорстких валів та працює під перемінними навантаженнями і вібрацією. Вал знаходиться в підшипниках і використовується для передачі крутного моменту з двигуна на закріплені в ньому різьбовим з'єднанням два дебаланси, при обертанні яких виникає відцентрова сила, яка збуджує коливання системи.

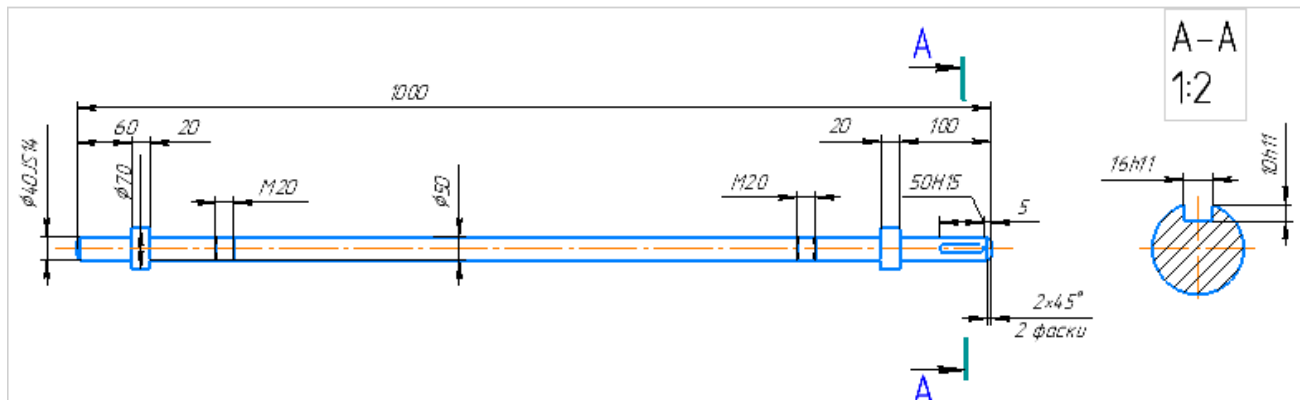


Рисунок 1.1 – Ескіз дебалансного валу

Для виготовлення дебалансного валу використовують сталі, стійкі до змінних і ударних навантажень. Це низько- та середньовуглецеві сталі, до яких відноситься сталь 20Х ГОСТ 4543-71 з основними характеристиками наведеними в таб.1.1. Внаслідок ХТО цементовані сталі набувають твердості, міцності і зносостійкості поверхневого шару при в'язкій але достатньо міцній серцевині, мають високу стійкість до ударних та знакозмінних навантажень.

					ЛП51(2).032186.03-90TE	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Характеристики конструкційної легованої сталі 20Х

Сталь конструкційна легована	C,%	Si,%	Mn,%	S,%	P,%
				не більше	
20Х	0,17-0,23	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035
Межа міцності: при розтягуванні $\sigma_B=340$ МПа При вигинанні $\sigma_B=420$ МПа HB = 163 - 229 МПа Відносне подовження $\delta=13\%$					

1.2 Обґрунтування вибору заготовки для виготовлення дебалансного валу

Зважаючи на форму і призначення поверхонь валу, заготовку доцільно виготовляти з прутка $\varnothing 70$ мм радіальним обтисненням на ротаційно-обтисній машині для обтиснення прутків діаметром 4-110 мм. Шорсткість поверхні, яка отримується в результаті $Ra=2,5-0,63$ мкм.. Допуск – 11-13 квалітет. Припуск необхідно залишити для обробки шліфуванням лиш на двох поверхнях, на які встановлюються підшипники.

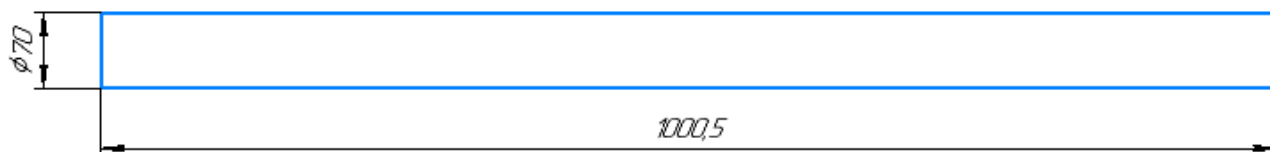


Рисунок 1.2 – Заготовка деталі «Вал»

1.3 Технологічний процес виготовлення дебалансного валу

Технологічний процес виготовлення дебалансного валу наведено на маршрутній і операційній картах та карті ескізів.

					ЛП51(2).032186.03-90TE	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.													
Взам.													
Підп.													
						ЛП51(2).032186.005-90.ОК				4	1		
Розроб.	Омельчук І.В.			НТУУ "КПІ ім.Ігоря									
Перев.	Борицький С.О.			Сікорського" гр.ЛП-									
Нач. ТБ				51(2)									
Т.Контр				Дебалансний вал				КР			020		
Затв.	Гондляр О.В.												
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль та розміри		МЗ	КОВД	
Фрезерувальна				Сталь 20Х		НВ 180	166	8,07	1000х70		2	1	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т _о	Т _д	Т _{п.з}	Т _{шт}	МОР			
Шпоночно-фрезерний станок для напівкруглих шпонок				-		1,04	1,18	25	2,43	3% емульсія Укринол-1			
Р						П	Д або В	L	t	i	S	п	V
О01													
О02	1. Фрезерування шпонкової канавки, витримуючи розмір 2												
Т03	Пристрій ПЗ. Призма, ГОСТ 12195-66												
04	Пристрій П4.Затисні лежача ГОСТ 16518-96												
05	Свердло Ø9, Р6М5, ГОСТ 10903-77												
Т06													
Т07													
08													
09													
Т10													
Т11													
Т12													
Т13													
Т14													
Т15													
Т16													
ОК													

[illegible]

2 Вибір та розрахунок пристосування для точіння

2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та дії

Оскільки деталь відноситься до деталей типу «Нежорсткі вали», то при точінні варто використовувати закріплення деталі не тільки в трикулачковому патроні, а й у люнеті. Для установки валу в люнеті слід проточити шийку у місці закріплення. Шийка є концентратором напружень, і, зважаючи що вал працює під значними перемінними навантаженнями, для даної операції обрано спеціальний нерухомий люнет для установки нежорстких валів по необробленій поверхні (ЛП51(2).032182.005-90СК).

Люнети застосовуються як додаткові опори при обробці нежорстких валів. Конструкція даного люнета, завдяки спеціальній муфті, дозволяє обробляти деталь без додаткової шийки на валу.

Нерухомий люнет складається з основи, що кріпиться до станини, поворотного корпусу 2, в якому встановлений закритий кришкою 3 роликовий підшипник 11. В отвір підшипника запресована втулка 7, до фланця якої гвинтами 9 вільно прикріплене плаваюче кільце 10, кулачки 4 та затискний гвинт 1.

Перед обробкою кулачки та затискний гвинт установлюють на розмір валу і ручкою 5 звільнюють корпус для зручності закладання заготовки в отвір плаваючого кільця. Після установки вала, корпус повертають у вихідне положення, закріплюють фіксатором 8 на основі, а вал закріплюють в центрах.

При установці в центрах кільце самовстановлюється по валу і його закріплюють затискним гвинтом. Потім кільце закріплюють трьома гвинтами 8 і жорстко закріплюють з фланцем втулки. Для швидкої установки кулачків по діаметру валу на торці плаваючого кільця наносять шкалу, а на кулачках – риски [20].

					ЛП51(2).032186.03-90TE	Арк
Зм.	Арк	№№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок сил закріплення деталі

Виконано розрахунок болтових з'єднань і затискних вузлів нерухомого люнета на міцність і умови затиснення.

При затягненні гайкою болта 5 виникають значні зусилля. Умова міцності болта виглядає:

$$\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot [\delta_p] = P,$$

Звідки:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\delta_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25000}{3,14 \cdot 175}} = 13,5 \text{ мм},$$

де $P=25000$ Н – допустиме постійне навантаження;

d_1 – внутрішній діаметр різьби;

$[\delta_p] = 175$ МПа – допустиме напруження при розтязі.

Обираємо різьбу з зовнішнім діаметром М16.

Зусилля затиснення гайки:

$$Q = \frac{P \cdot L}{R_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + q) + 0,33 \cdot \mu \cdot \frac{D_n^3 - D_g^3}{D_n^2 - D_g^2}} = \frac{100 \cdot 190}{7,35 \cdot \operatorname{tg}(0,158) + 0,33 \cdot 0,1 \cdot \frac{27,71^3 - 24^3}{27,71^2 - 24^2}} = 7750 \text{ Н},$$

де $P=100$ Н - величина прикладеного зусилля;

$L=190$ мм – плече прикладеного зусилля;

$R_{cp}=7,35$ мм – середній діаметр різьби М16;

$\alpha=2^{\circ}30'$ - кут підйому різьби;

$q=6^{\circ}34'$ - кут тертя в різьбовому з'єднанні;

$\mu=0,1$ – коефіцієнт тертя на торці гайки;

D_n и D_g - зовнішній і внутрішній діаметр опорного торця гайки.

Зусилля гвинта:

$$Q = \frac{45 \cdot 140}{5,43 \cdot \operatorname{tg}(0,158) + 0,6 \cdot 0,1 \cdot 4,4} = 5580 \text{ Н}$$

					ЛП51(2).032186.03-90TE	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

У результаті виконання розділу «Технологія машинобудування», розроблено маршрутні, операційні карти та карту ескізів для виготовлення деталі дебалансного вібратора класу «Нежорсткі вали».

Обрано спосіб отримання заготовки, виконано її ескіз, підібрано верстати та обладнання для виготовлення деталі «Дебалансний вал».

Розраховано конструкцію нерухомого люнета та зусилля затискання деталі у кільці. Оформлено креслення пристосування на аркуші формату А1.

					ЛП51(2).032186.03-90TE	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

Виконано дипломний проект на тему «Живильник віброшнековий з модернізацією вібратора». Метою роботи було вивчення конструкції та принципу роботи живильника та проведення його модернізації.

Роботу живильника віброшнекового розглянуто на прикладі технологічної лінії виготовлення склотари. Проаналізовано технічні характеристики, виявлено переваги та недоліки. Для підвищення продуктивності живильника віброшнекового шляхом зменшення ризику зупинки шнека через залипання та нерівномірну подачу матеріалу проведено літературно-патентний огляд. Результатом є розроблена корисна модель дебалансного вібратора, яка забезпечує ефективнішу роботу вібратора через асинхронне положення дебалансів, що дозволяє послідовно збуджувати ліву та праву частини кришки, на якій знаходиться сипкий матеріал.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано шкідливі і небезпечні фактори для життя і здоров'я людини, які існують при роботі оператора живильника віброшнекового.

Визначено механіко-економічні показники, які підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації вібратора живильника віброшнекового. До них відноситься можливість регулювання амплітуди коливань кришки не розбираючи весь механізм дебалансного вібратора, що дозволяє використовувати живильник віброшнековий для транспортування матеріалів з різними властивостями.

Виконано ряд розрахунків, які підтверджують працездатність живильника віброшнекового та обраної модернізації. Написано програму на мові програмування Fortran, яка підтверджує правильність розрахунків за допомогою іншого методу розрахунку напружень, які виникають при роботі дебалансного вібратора. В системі ANSYS розраховано власні частоти коливань дебалансного валу, що дозволяє уникнути використання частот обертання валу при яких виникає резонанс.

						Арк
Зм.	Арк	№№ докум.	Підпис	Дата		

У розділі «Технологія машинобудування» проаналізовано службове призначення та конструктивні особливості дебалансного валу, після чого розроблено технологічний процес виготовлення деталі. Розраховано силу затиснення болта в нерухомому люнеті, який необхідний для обробки нежорстких валів.

						Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. ru.calameo.com [Електронний ресурс] / Мосалова И.И. Производство стеклотары в вопросах и ответах. Режим доступа: <https://ru.calameo.com/read/001627669ec9ac3705463>
2. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв.: навч. посібник [Текст] / І.В Коваленко, В.В. Малиновський. К.: «Воля-Інрес», 2006. – 100 с.
3. Спиваковский А.О. Вибрационные конвееры, питатели и вспомогательные устройства/ Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. - М., «Машиностроение», 1972. – 328 с.
4. Коваленко І.В. Методичні вказівки для виконання дипломних проектів бакалаврів кафедри ХПСМ з напрямів підготовки 6.050503 – машинобудування, 6.050502 – інженерна механіка /Укл. Г.М. Васильченко, І.В. Коваленко, В.І. Сівецький, А.А. Шаповал, В.Ю. Щербина, - К.:НТУУ «КПІ», 2016-47с.
5. Богданов В.С. Дипломное и курсовое проектирование механического оборудования и технологических комплексов предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: Учебное пособие/под редакцией В.С.Богданова и А.С.Ильина/ Богданов В.С., Ильин А.С. – М.:Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 784 с.
6. Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
7. studfiles.net [Електронний ресурс] Методика определения основных параметров дебалансного вибровозбудителя. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1825487/page:8/>
8. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 77 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>

						Арк
Зм.	Арк	№№ докум.	Підпис	Дата		

9. Пат. № 2310520 с2, РФ, В06В 1/16 (2006.01)/ Масленников В.С., Мизернов Е.В., Сонин К.В. - №2005131138/28 заявл. – 07.10.2005, опубл. – 20.04.2007.

10. Пат. № 2315669 с1, РФ, В06В 1/16 (2006.01)/ Радкевич Н.А. - №2006109418/28 заявл. – 24.03.2006, опубл. – 27.01.2008.

11. Пат. № 2578745 с1, РФ, В06В 1/16 (2006.01) / Щукин С.Г., Альт В.В. – №2014150703/28 заявл – 15.12.2014, опубл. – 27.03.2016.

12. Пат № 37352 U, Україна, В07В 1/00 (2006.01) / Фадєєв Л.В. – №200807794/22 заявл. – 09.06.2008, опубл – 25.11.2008.

13. Пат № 40739 U, Україна, В06В 1/00 (2006.01) / Буря О.І. – №200813001/8 заявл. – 10.11.2008, опубл. – 27.04.2009.

14. Пат CN107640528 А, міжнародні, В06В 1/16 / YE KUNLIN, №CN201710968217, заявл. – 18.10.2017, опубл. – 30.01.2018.

15. Пат № 2440856 с2, РФ, В07В 1/42 (2006.01) В06В 1/16 (2006.01)/ Никлевски А. №2009103762/03 заявл – 04.07.2007, опубл. – 10.08.2010.

16. ПМ № 151220 U1, РФ, В06В 1/16 (2006.01) / Серёгин С.В., Сысоев О.Е. - №2014130510/28 заявл – 22.07.2014, опубл. -27.03.2015.

17. Заявка КПІ на КМ № 201905639, Україна, В06В 1/16, В06В 1/00 (2019.01) / Омельчук І.В., Щербина В.Ю., Шилович І.Л., Борщик О.С. – заявл. 24.05.2019.

18. К.Н.Ткачук Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене./ К.Н.Ткачук, М.О.Халымовський, В.В.Зацарний, Д.В.Зеркалов. За ред. К.Н.Ткачука і М.О.Халімовського. – К.:Основа, 2006 – 448с.

19. Сидоров Д.Э. Инженерные расчеты на ЭВМ: учеб. пособие. / Д.Э. Сидоров, И.А. Казак - К .: НТУУ «КПИ», 2015. - 185 с/

20. Ансеров М.А.Приспособления для метало­ре­жу­щих стан­ков. Изд-е 4-е, исправл. и доп./ Под редакцией Н.Г.Гутнера. – Л., «Машиностроение» (Ленинг. Отд-ние), 1975 – 656 с.

						Арк
Зм.	Арк	№№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця огляду патентів з модернізації живильника віброшнекового

Таблиця А.1 – Таблиця огляду патентів з модернізації віброшнекового живильника

№ п/п	Предмет пошуку	№ патенту (свідоцтва), країна, МПК, організація, автор(и), дата опубл.	Ціль створення, суть заявленоготехнологічного рішення та йоготехнічний результат
1	2	3	4
1	Пневматический вибратор	Патент №2391148 РФ, МПК В06В 1/18 (2006.01) Автор: Радкевич Н.А. Дата публікації: 10.06.2010	Метою винаходу спрощення конструкції вібратора для генерування механічних коливань. Поверхня дебаланса, яка взаємодіє з енергоносієм, виконана у вигляді кільцевого вінця лопатей, які розміщені в кільцевому пазу дебаланса. Кільцевий паз з'єднаний з порожниною каналами, які розташовані тангенціально в периферійній стінці дебаланса. Технічний результат - більша ефективність і надійність в експлуатації.
2	Управляемый дебалансный узел	Патент № 2310520 РФ, МПК В06В1/16 (2006.01) Автори:	Метою винаходу є забезпечення надійної і стійкої роботи керованого дебалансного вузла .

		<p>Масленников В.С. Мизернов Е.В. Сонин К.В. Дата публікації: 20.04. 2007</p>	<p>На приводному валу закріплений нерухомий дебаланс, а на підшипниках встановлений рухомий дебаланс. Нерухомий і рухомий дебаланси можуть бути встановлені і на ексцентричному кінці приводного валу.</p> <p>Технічним результатом є спрощення конструкції і збільшення швидкодії при установці дебаланса на потрібний кут.</p>
3	Дебалансний вибровозбудитель	<p>Патент №2315669, РФ, МПК В06В 1/16 (2006.01) Автор: Радкевич Н.А. Дата публікації: 27.01.2008</p>	<p>Метою патенту є створення надійного дебалансного віброзбудника з більш повною компенсацією динамічних кутових перекосів в опорах обертання.</p> <p>Дебалансний віброзбудник містить корпус, вал з дебалансом, що розміщений на опорах обертання, які складаються зі стаканів і підшипників, при цьому останні розташовані з можливістю обертання валу з дебалансом щодо стаканів.</p> <p>Запропоноване технічне рішення є простим у виконанні і надійним за рахунок менших динамічних кутових перекосів в підшипниках опор обертання валу з дебалансом.</p>
4	Ви́бровозбудитель	<p>Патент №2578745, РФ, МПК В07В 1/16 (2006.01) Автори:</p>	<p>Метою створення патенту є підвищення надійності конструкції.</p> <p>У корпусі встановлена провідна ланка, вісь обертання якої зміщена відносно осі корпусу, і бігунок, що</p>

		<p>Щукин С.Г. Альт В.В. Нагайка М.А. Вальков В.А. Дата публікації: 27.03.2016</p>	<p>переміщається уздовж хорди сегментних виступів, взаємодіючи при цьому з корпусом. При обертанні провідної ланки в корпусі змінюється відстань центру бігунка від осі ведучого ланки, викликаючи зміну кінетичної енергії бігунка від T_{\max} до T_{\min}.</p> <p>Технічний результат полягає в підвищенні надійності конструкції віброзбудника.</p>
5	Вібратор Фадєєва	<p>Патент UA №37352 МПК B07B 1/00 Автор: Фадєєв Л.В. Дата публікації: 25.11.2008</p>	<p>Метою удосконалення є спрощення конструкції і поліпшення компактності.</p> <p>Зазначена мета досягається тим, що вібратор Фадєєва, що містить зубчасту передачу з двох шестірень, що мають можливість обертатися в протилежні сторони, відповідно до удосконалення, який відрізняється тим, що шестірні зубчастої передачі виконані у виді інерційних елементів (дебалансів), де центри мас шестірень зміщені щодо центрів обертання шестірень, причому для створення спрямованого збурювання центри мас шестірень розташовані в протифазі один до одного</p> <p>Технічний результат: спрощується конструкція пристрою, поліпшується компактність пристрою.</p>

6	Дебаланс для вібраторів	Патент UA 36443 МПК B65G 33/00 Автори: Буря О.І. B06B 1/00 Дата публікації: 30.10.2009	<p>Метою створення патенту є вдосконалення конструкції дебалансу для вібраторів.</p> <p>Конічна пружина, розміщена між поршнем і притиснутою нею до перегородки еластичною прокладкою - клапаном, що перекриває радіально розміщені в перегородці отвори і забезпечує кінцеве положення поршня відносно перегородки, а також повернення з'єднаних між собою полим штоком в початкове положення після виключення вібратора.</p> <p>Винахід дозволяє збільшити ефективність дебалансу і розширити його технологічні можливості, забезпечити можливість регулювання кінетичного моменту інерції та безступінчатого регулювання швидкості входу дебалансу в робоче положення в часі без його розбирання, знизити його металоємкість.</p>
7	Подвійний вібраційний збудник	Патент №CN107640528 МПК B06B 1/16 Автори: YE KUNLIN Дата публікації: 30.01.2018	<p>Метою створення патенту є підвищення ефективності віброзбудника.</p> <p>Кут взаємного розташування валів на ексцентричному блоці регулюється. Містить розширювальну втулку.</p> <p>Технічне рішення - можливість змінювати частоту запуску і регулювати</p>

			швидкість, змінювати захоплюючу силу; полегшений монтаж вібратора.
8	Механический вибратор	<p>Патент №2440856, РФ МПК В07В 1/42</p> <p>Автори: Никлевски А.</p> <p>Дата публікації: 10.08.2010</p>	<p>Метою створення патенту є зменшення розмір вібратора.</p> <p>Завдання вирішується тим, що На валу закріплені противаги, що мають ексцентричні маси різних величин; до противаги вибірково і знімно прикріплена третя противага, яка має третю ексцентричну масу, що забезпечує зміну загальної ексцентричної маси вібратора без зміни рівноваги розподілу навантажень на підшипник.</p> <p>Технічним результатом є те, зменшення радіального вильоту противаг всередині пристрою, що дозволяє конструювати захисний кожух і захисний елемент зі зменшеними розмірами, що призводить до меншого вертикального розміру вібратора.</p>
9	Устройство для возбуждения механических колебаний	<p>Патент на ПМ №151220 МПК В06В 1/16</p> <p>Автори: Серёгин С.В. Сысоев О.Е.</p> <p>Дата публікації: 27.03.2015</p>	<p>Метою корисної моделі є можливість регулювання амплітуди вимушених коливань.</p> <p>Усередині електроприводу розташований обертовий вал, який проникає в корпус пристрою і приводить в рух стрижень на який кріплять вантажі, які можуть бути прикріплені в будь-якій точці вздовж всієї довжини стержня.</p>

			<p>Технічне рішення - отримання широкого спектру частот і амплітуд вимушених коливань при високій стабільності і стійкості роботи пристрою.</p>
10	Дебалансний вібратор	<p>Заявка КПП на КМ №201905639</p> <p>МПК В06В 1/16</p> <p>В06В 1/00 (2019.01)</p> <p>Автори:</p> <p>Омельчук І.В.</p> <p>Щербина В.Ю.</p> <p>Шилович І.Л.</p> <p>Борщик С.О.</p> <p>Дата подання:</p> <p>24.05.2019</p>	<p>Метою створення патенту є полегшення регулювання амплітуди коливань дебалансного вібратора,</p> <p>Дебалансний вібратор складається з валу, підшипників, які встановлені у зовнішньому фланці, закріплених на ньому кришки та циліндричного захисного кожуха. На валу закріплені вузли дебалансів, які виконані у вигляді вісі та дебалансу.</p> <p>Дане рішення полегшує регулювання амплітуди коливань, а асиметричне положення дебалансів викликає різні коливання в протилежних кінцях валу, що інтенсифікує процеси, де використовується дебалансний вібратор.</p>

Таблиця ідентифікаторів і блок-схема розрахунку основних геометричних параметрів віброшнекового живильника мовою Фортран

Таблиця Б.1 - Таблиця ідентифікаторів

№ п/п	За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниці вимірювання	Тип	Запис вводу
1	m_d	md	5	кг	Real	5.
2	m_o	mo	1.2	кг	Real	1.2
3	e	e	0.04	м	Real	0.04
4	n	n	4	об/с	Real	4.
5	π	pi	3.14	-	Real	3.14
6	i	i	2	-	Real	2
7	d	d	0.05	м	Real	0.05
8	W_o	Wo	Обчислюється	кН*м	Real	-
9	ω	omega	Обчислюється	1/с	Real	-
10	k	k	Обчислюється	Н*м	Real	-
11	K	ks	Обчислюється	Н*м	Real	-
12	F	F	Обчислюється	Н	Real	-
13	σ	sig	Обчислюється	Па	Real	-
14	M_i	M	Обчислюється	Н*м	Real	-



Рисунок Б.1. Блок – схема алгоритму розрахунку

Результати модального розрахунку частоти власних коливань
дебалансного валу в системі ANSYS

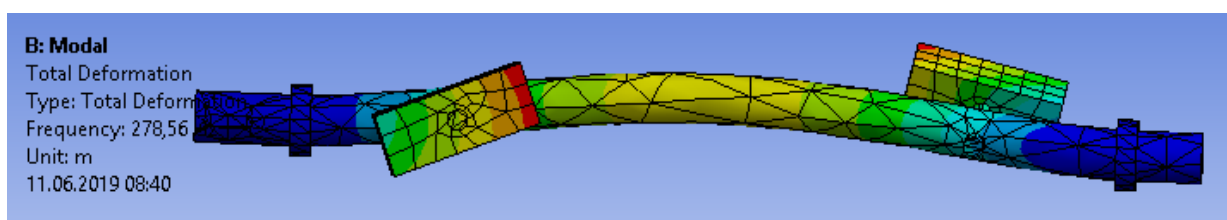


Рисунок Б.2 – 1 форма власних коливань. Частота – 278,56 Гц

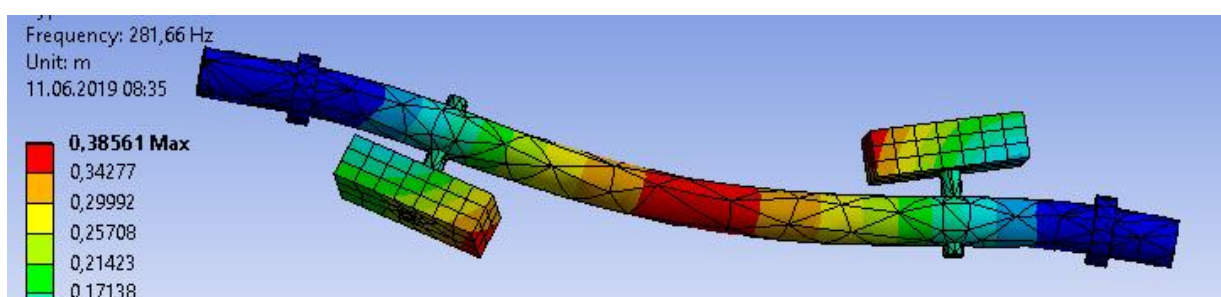


Рисунок Б.3 – 2 форма власних коливань. Частота – 281,66 Гц

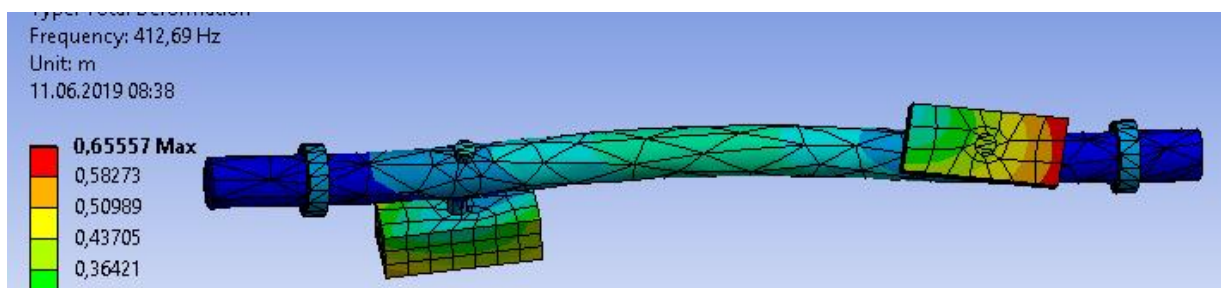


Рисунок Б.4 – 3 форма власних коливань. Частота – 412,69 Гц

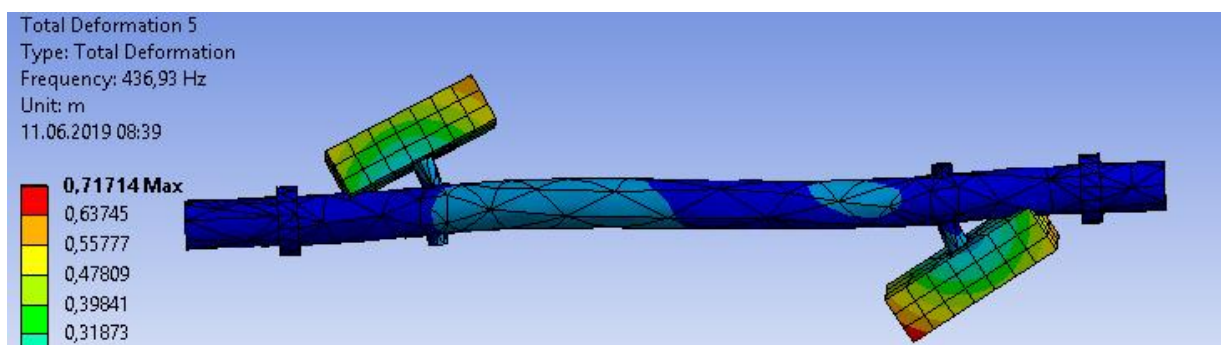


Рисунок Б.5 – 4 форма власних коливань. Частота – 436,93 Гц

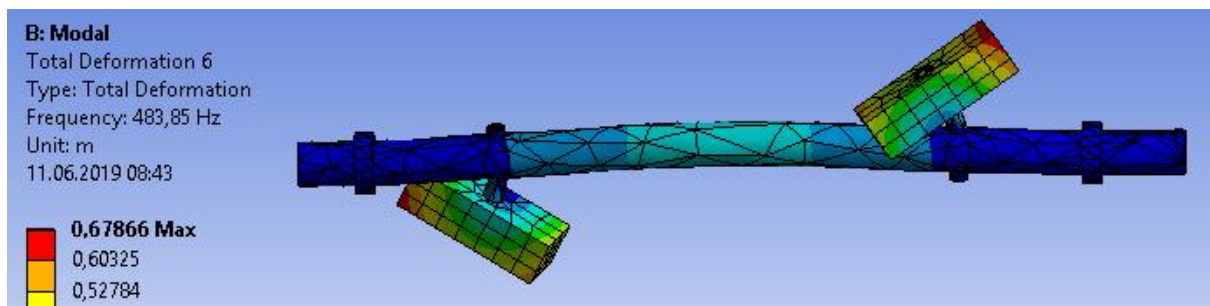


Рисунок Б.6 – 5 форма власних коливань. Частота – 483,85 Гц

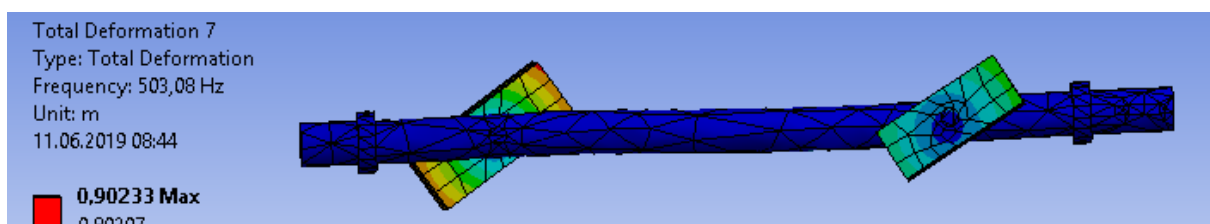


Рисунок Б.7 – 6 форма власних коливань. Частота – 503,08 Гц

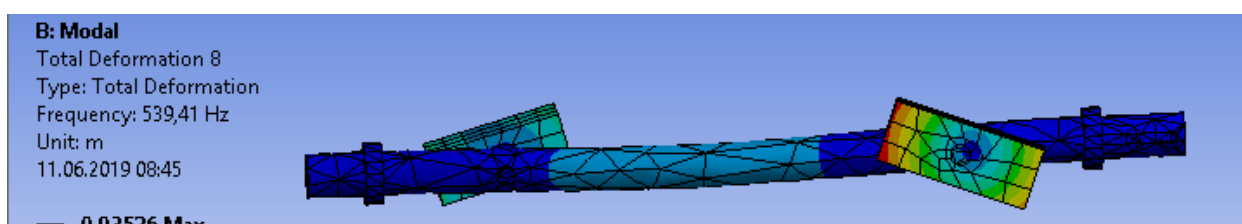


Рисунок Б.8 – 7 форма власних коливань. Частота – 539,41 Гц

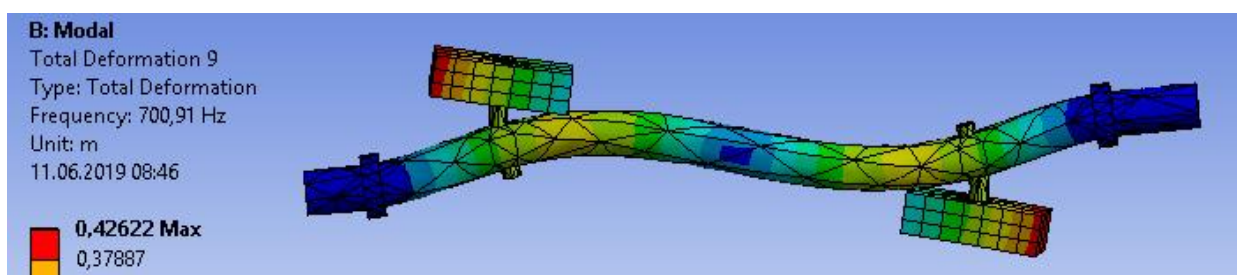


Рисунок Б.9 – 8 форма власних коливань. Частота – 700,91 Гц

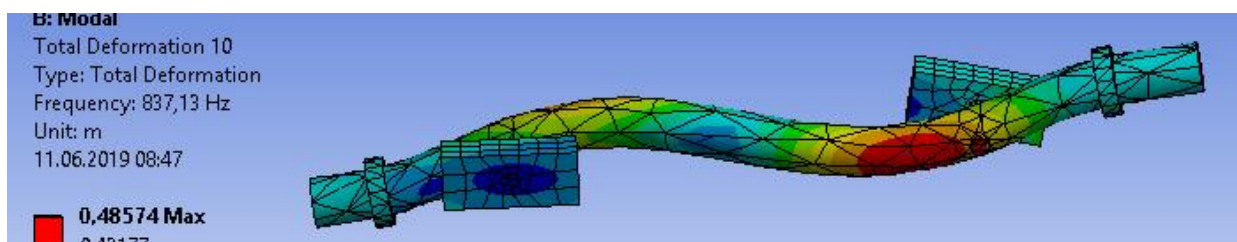


Рисунок Б.10 – 9 форма власних коливань. Частота – 837,13 Гц

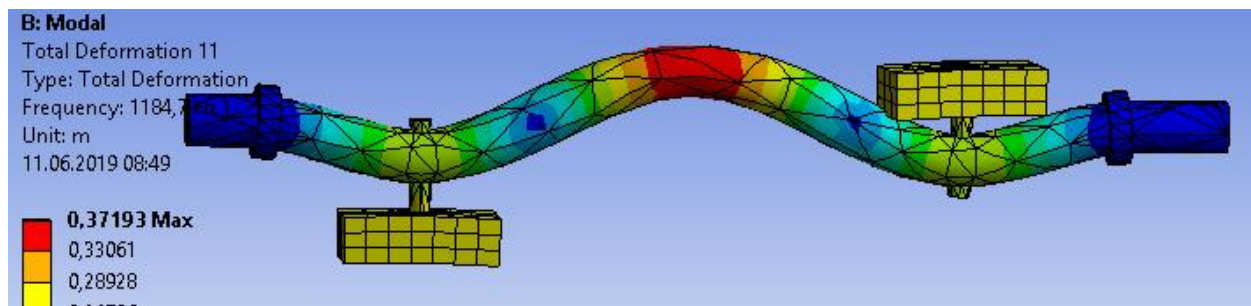


Рисунок Б.11 – 10 форма власних коливань. Частота – 1184,70 Гц